

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. В. Сакаш
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2017г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.00.05

«Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из
высокопрочного чугуна с шаровидным графитом»

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

Ю. Л. Липовка
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

И. Д. Денизбеков
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа БР по теме «Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом»

Консультанты по
разделам:

ТВИС
наименование раздела

подпись, дата

Ю. Л. Липовка
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Ю. Л. Липовка
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Г. В. Сакаш
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2017г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Денизбекову Илим Денизбековичу

Группа ИЭ 13-11 Направление (специальность) 08.03.01.05

Теплогазоснабжение и вентиляция

Тема выпускной квалификационной работы «Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____
Руководитель ВКР Ю.Л. Липовка профессор, доктор технических наук

Исходные данные для ВКР: Генплан района строительства; Топографический план местности; Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений; Характеристика источника теплоснабжения; Технические условия прокладки тепловых сетей; Технические условия присоединения потребителей к тепловым сетям; Требования к тепловым и гидравлическим режимам системы теплоснабжения.

Перечень разделов ВКР: Климатические и метеорологические условия района; Выбор источника теплоснабжения по способам присоединения инженерных систем зданий к тепловым сетям; Обоснование схемы тепловых сетей. Обоснование рациональности и трассировки тепловой сети; Расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, на производственные и другие нужды; Расчет трафиков регулирования отпуска теплоты потребителям; Гидравлический расчет тепловой сети; Построение пьезометрического графика; Подбор сетевых и подпиточных насосов для зимнего и летнего режимов; Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов; Расчет трубопроводов на прочность и компенсацию температурных удлинений; Расчет и подбор опор трубопроводов; Расчет строительных конструкций тепловой сети; Расчет на прочность трубопровода из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом высокопрочного чугуна с шаровидным графитом при подземной прокладке.

Перечень графического материала: Общие данные; План тепловых сетей; Схема тепловых сетей; Продольный профиль магистрали; Продольный профиль; Пьезометрический график (T_1, T_2); Элементы прокладки тепловой сети (опоры трубопровода, колодцы, тепловые камеры, компенсаторная ниша); Труба из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Руководитель ВКР

подпись

Ю.Л. Липовка
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

И. Д. Денизбеков
инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнение этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения	Примечание
Конструирование системы теплоснабжения	20.02.2017	
Расчет тепловых потоков	25.02.2017	
Расчет регулирования отпуска теплоты	27.02.2017	
Расчет расходов теплоносителя	01.03.2017	
Гидравлический расчет тепловых сетей	01.03.2017	
Графическая часть: план, схема, продольный профиль, труба из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом	05.03.2017	
Расчет трубопроводов на прочность и на компенсацию тепловых удлинений	15.03.2017	
Расчет осевых компенсаторов	20.03.2017	
Расчет радиальной компенсации	20.03.2017	
Расчет усилий на неподвижные опоры трубопроводов	23.03.2017	
Графическая часть: элементы тепловых сетей	30.03.2017	
Выбор способов защиты труб от коррозии	25.04.2017	
Расчет тепловой изоляции трубопроводов	28.04.2017	
Подбор строительных конструкций тепловых сетей	20.05.2017	
Расчет на прочность трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке	25.05.2017	
Подготовка доклада	05.06.2017	

Руководитель ВКР

подпись

Ю.Л. Липовка
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

И. Д. Денизбеков
инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	5
1 Климатические и метеорологические условия района.....	6
1.1 Расчетные зимние параметры наружного.....	6
1.2 Средние месячные температуры наружного воздуха.....	6
1.3 Продолжительность стояния температур наружного воздуха.....	7
1.4 Грунтовые условия.....	7
2 Выбор источников теплоснабжения, назначение параметров теплоносителя.....	7
3 Обоснование системы теплоснабжения по способам присоединения инженерных систем зданий к тепловым сетям.....	8
3.1 Присоединение систем ГВС.....	8
3.2 Присоединение систем отопления.....	9
4 Обоснование схемы тепловых сетей. Обоснование рациональности трассировки тепловой сети.....	9
5 Расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, на производственные и другие нужды	10
5.1 Расчет максимальных расходов теплоты на отопление и вентиляцию.....	10
5.2 Расчет средних и максимальных расходов теплоты на ГВС.....	15
5.3 Построение графика зависимости тепловой нагрузки от t_n	19
5.4 Построение графика изменения полной тепловой нагрузки по месяцам года.....	21
5.5 Построение графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки...	22
5.6 Построение графика суммарной тепловой нагрузки.....	24
6 Расчет графиков регулирования отпуска теплоты потребителям.....	25
7 Гидравлический расчет тепловой сети.....	27
7.1 Определение расчетных расходов теплоносителя (на ИТП абонентов)...	28
7.2 Построение расчетной схемы тепловой сети.....	29
7.3 Расчет потокораспределения (расходы на расчетных участках).....	31
7.4 Подбор диаметров расчетных участков. Определение суммарных потерь давления от источника до потребителей.....	32
7.5 Расчет и подбор балансировочного клапана.....	33
8 Построение пьезометрического графика.....	35
8.1 Построение пьезометра для расчетного режима.....	35
8.2 Построение пьезометра для статического режима.....	35
9 Подбор сетевых и подпиточных насосов.....	36

10 Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов.....	37
10.1 Обоснование конструкции теплоизоляции.....	37
10.2 Расчет толщины тепловой изоляции.....	37
11 Расчет трубопроводов на прочность и компенсацию температурных удлинений.....	40
11.1 Расчет Г-образного участка на самокомпенсацию.....	40
11.2 Расчет размеров П-образного компенсатора.....	45
11.3 Расчет и подбор сильфонного компенсатора.....	50
12 Расчет и подбор опор трубопроводов.....	51
12.1 Расстановка неподвижных опор.....	51
12.2 Расчет усилий, действующих на неподвижную опору.....	51
12.3 Подбор неподвижных опор.....	53
13 Расчет строительных конструкций тепловой сети.....	54
13.1 Расчет непроходных каналов.....	54
13.2 Расчет тепловых камер.....	55
14 Автоматизация электропривода задвижки.....	56
14 Монтажно-сборочные работы.....	56
15 Теплоизоляционные работы.....	57
16 Тепловая изоляция.....	58
17 Гидроизоляционные работы.....	59
18 Гидравлические испытания.....	60
19 Мероприятия по предотвращению коррозии в тепловых сетях.....	61
20 Промывка и дренаж трубопроводов.....	62
21 Расчет на прочность трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке....	62
Заключение.....	70
Список использованных источников.....	71
Приложение А Гидравлический расчет тепловой сети.....	73
Приложение Б Технические характеристики циркуляционного насоса.....	78
Приложение В Технические характеристики подпиточного насоса.....	81

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом» содержит 83 страницы текстового документа, 3 приложения, 21 использованных источников, 5 листов графического материала.

Объект теплоснабжения – жилой микрорайон г. Красноярск.

Цели работы:

Обеспечить качественное теплоснабжение жилого микрорайона г. Красноярск. Для выполнения поставленной цели решены задачи гидравлического, теплового и прочностного расчетов. Выполнены подбор основного оборудования и описание монтажных работ.

В результате выполнения бакалаврской работы были рассмотрены вопросы по теплоснабжению жилых и общественных зданий жилого микрорайона г. Красноярск. Были произведены расчеты тепловых нагрузок объектов с учетом их назначения и характеристик, выполнены тепловой, гидравлический и прочностной расчеты тепловых сетей, построен пьезометрический график. Выполнен расчет и выбор основного оборудования. По объему и содержанию квалификационная работа выполнена в соответствии с заданием, графическая часть отражает содержание разработанных вопросов.

Работа состоит из следующих разделов:

- 1) Пояснительная записка
 - разделы пояснительной записки приведены в содержании;
- 2) графическая часть:
 - общие данные
 - план тепловой сети
 - схема тепловой сети
 - график давлений в тепловой сети, продольный профиль участка от ЦТП до Аб.12, элементы тепловой сети
 - Труба из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

1 Климатические и метеорологические условия района

Климатические и метеорологические характеристики района строительства необходимы при проектировании тепловых сетей, при планировке и застройке городских и сельских поселений.

1.1 Расчетные зимние параметры наружного воздуха

Исходные климатологические параметры холодного периода года приняты в соответствии с [5].

Климатологические характеристики района строительства внесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Климатологические характеристики района строительства

Район строительства	Край, область, пункт	Красноярск
Параметры холодного периода года		
Температура воздуха наиболее холодных суток, обеспеченностью	0,98 ,°C	-42
	0,92 ,°C	-39
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью	0,98 ,°C	-40
	0,92 ,°C	-37
Температура воздуха, обеспеченностью	0,94 ,°C	-20
Абсолютная минимальная температура воздуха	°C	-48
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца	°C	8,4
Продолжительность, средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха	$\leq 0^{\circ}\text{C}$	171
		-10,7
	$\leq 8^{\circ}\text{C}$	233
		-6,7
	$\leq 10^{\circ}\text{C}$	250
		-5,7
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	%	78
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца	%	75
Количество осадков за ноябрь - март	мм	104
Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль		3
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	4,3
Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха	$\leq 8^{\circ}\text{C}$	2,6

1.2 Средние месячные температуры наружного воздуха

Параметры средней месячной и годовой температуры приняты в соответствии с [5, с. 51].

Средняя месячная и годовая температуры воздуха приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Республика, край, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Красноярск	-16,0	-14,0	-6,3	1,9	9,7	16,0	18,7	15,4	8,9	1,5	-7,5	-13,7	1,2

1.3 Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха занесено в таблицу 3 в соответствии с [10].

Таблица 3 - Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже данной (для ориентировочных расчетов)

Республика, край, область, пункт	Продолжительность стояния, n, час	Температура наружного воздуха, °С									
		-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
Красноярск	n	1	18	82	210	468	828	1360	2110	3000	4050
	Σn	1	19	101	311	779	1607	2967	5077	8077	12127

1.4 Грунтовые условия

Грунт непросадочный. В соответствии с заданием на проектирование уровень стояния грунтовых вод – 2,0м.

2 Выбор источников теплоснабжения, назначение параметров теплоносителя

Источник теплоснабжения – Котельная.

Тепловая сеть присоединена к источнику посредством теплового пункта.

Расчетная температура в подающей линии $t_1=130\text{ °С}$

Расчетная температура в обратной линии $t_2=70\text{ °С}$

3 Обоснование системы теплоснабжения по способам присоединения инженерных систем зданий к тепловым сетям

Выбор системы теплоснабжения жилого района г. Красноярск производится на основании утвержденной в установленном порядке схемы теплоснабжения.

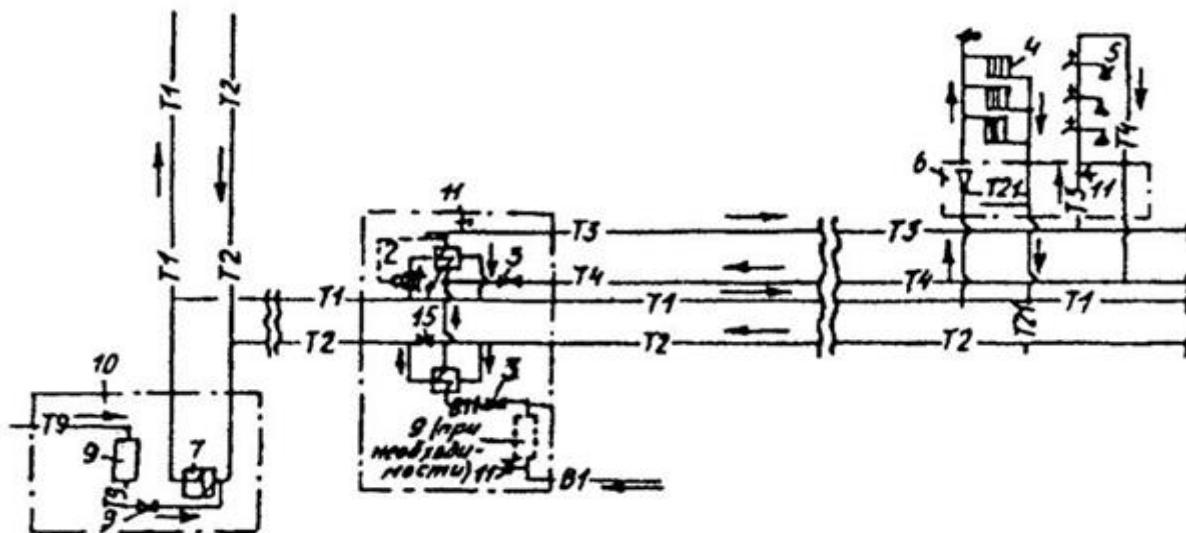
Принятая к разработке в бакалаврской работе закрытая схема теплоснабжения обеспечивает:

- безопасность и надежность теплоснабжения потребителей;
- энергетическую эффективность теплоснабжения и потребления тепловой энергии, нормативный уровень надежности, определяемый вероятностью безотказной работы, качеством теплоснабжения и живучестью;
- требования экологии;
- безопасность эксплуатации.

3.1 Присоединение систем ГВС

В соответствии с заданием на проектирование система теплоснабжения - закрытая.

Закрытая система теплоснабжения - система теплоснабжения, при которой вода для горячего водоснабжения нагревается в водонагревателях (бойлерах) (рисунок 1).



В1 - хозяйственно-питьевой водопровод; ВП - то же, после водоподготовки;
Т1 - подающий трубопровод тепловой сети; Т2 - обратный трубопровод тепловой сети;
Т21 - обратный трубопровод системы отопления; Т3 - подающий трубопровод горячего водоснабжения; Т4 - циркулярный трубопровод горячего водоснабжения; 3 - обратный клапан; 4 - нагревательный прибор системы отопления; 6 – элеватор; 7 - котел или пароводяной нагреватель; 8 - регулятор смещения; 9 – водоподготовка; 10 - источник теплоты (ТЭЦ, котельная); 11 - точки контроля качества воды; 14 - индивидуальный тепловой пункт

Рисунок 1 –Схема закрытой системы теплоснабжения

Закрытые системы теплоснабжения характеризуются тем, что горячая вода для нужд потребителя нагревается в водонагревателях и не смешивается с водой на отопление и вентиляцию.

Расход воды в теплосети при этом способе не требует дополнительной подачи воды.

3.2 Присоединение систем отопления

Закрытая система теплоснабжения по способу присоединения к теплосетям может быть зависимой, т.е. соединяться через элеваторы и насосы, или присоединяться по независимой схеме - через теплообменники.

В соответствии с заданием на проектирование по способу присоединения сезонной нагрузки - схема зависимая.

В этом случае системы отопления работают под давлением, близким к давлению в обратном трубопроводе тепловой сети. Циркуляция обеспечивается за счет перепада давлений в подающем и обратном трубопроводах. Этот перепад ΔP должен быть достаточен для преодоления сопротивления системы отопления и теплового узла.

Если давление в подающем трубопроводе превышает необходимое, то оно должно быть снижено регулятором давления или дроссельной шайбой.

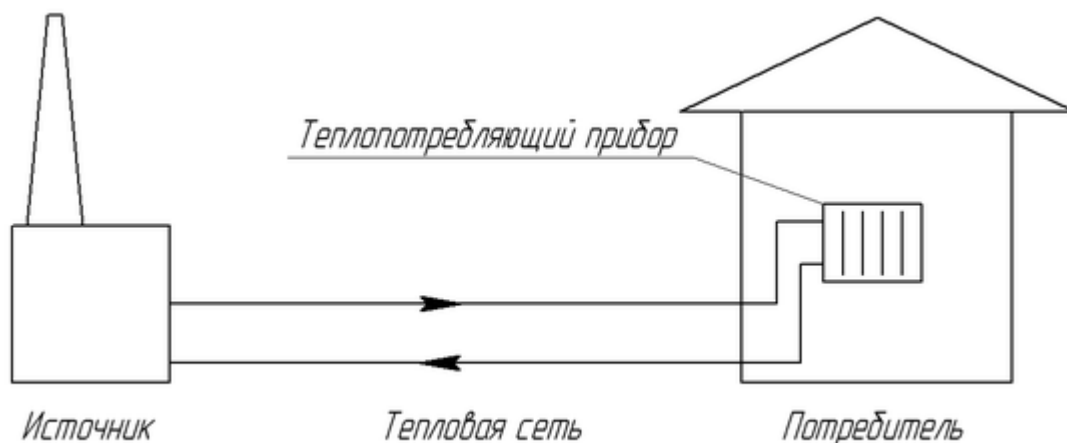
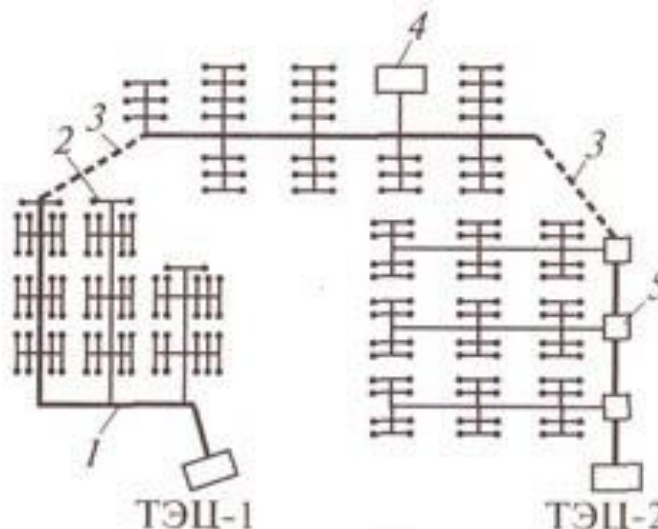


Рисунок 2 - Зависимая система теплоснабжения

4 Обоснование схемы тепловых сетей. Обоснование рациональности трассировки тепловой сети

Тепловая сеть представляет собой теплопроводы — сложные сооружения, состоящие из соединенных между собой сваркой стальных труб, тепловой изоляции, компенсаторов тепловых удлинений, запорной и регулирующей арматуры, строительных конструкций, подвижных и неподвижных опор, камер, дренажных и воздухо - спускных устройств.

В бакалаврской работе для обеспечения тепловой энергией жилого района от котельной применяем тупиковую (радиальную) тепловую сеть. Тупиковая схема тепловой сети приведена на рисунке 3.



- 1 - лучевой магистральный теплопровод; 2 - тепловые потребители; 3- перемычки;
4 - районные (квартальные) котельные; 5-секционирующие камеры

Рисунок 3 - Тупиковая схема тепловой сети

Радиальные сети наиболее просты и экономичны по начальным затратам, их сооружают с постепенным уменьшением диаметров теплопроводов в направлении от источника теплоты.

По мере удаления магистрали от источника упрощается конструкция, состав сооружений и оборудование на тепловых сетях в соответствии со снижением тепловой нагрузки. Для этой схемы характерно то, что при аварии магистрали абоненты, подключенные к тепловой сети после места аварии, не обеспечиваются тепловой энергией.

Для повышения надежности обеспечения потребителей тепловой энергией между смежными магистралями устраивают перемычки, которые позволяют при аварии какой-либо магистрали переключать подачу тепловой энергии.

5 Расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, на производственные и другие нужды

Для проектирования тепловых сетей необходимо знать тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

5.1 Расчет максимальных расходов теплоты на отопление и вентиляцию

Тепловые потоки для жилого микрорайона определяются по формулам. Расчет тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию занесен в таблицу 4
Таблица 4 – Расчет тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
Исходные данные				
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92)	t_o	°C	-37 [5]
2	Средняя температура наружного воздуха отопительного периода (средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$)	$t_{от}$	°C	-6,7 [5]
3	Продолжительность отопительного периода (продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$)	$Z_{от}$	сут.	233 [5]
4	Расчетная температура внутреннего воздуха в здании	$t_{в}$	°C	[6]
	Жилой дом			20
	Школа	Помещение 2 категории - помещение, в котором люди заняты умственным трудом, учебой		20
	Детский сад	Помещение 2 категории - помещение, в котором люди заняты умственным трудом, учебой		20
5	Объем здания	V	м^3	
	Жилой дом №1		м^3	12000
	Жилой дом №2		м^3	12000
	Жилой дом №3		м^3	15500
	Жилой дом №4		м^3	15500
	Жилой дом №5		м^3	12000
	Жилой дом №6		м^3	12000
	Жилой дом №7		м^3	15500
	Жилой дом №8		м^3	12000
	Жилой дом №9		м^3	15500
	Жилой дом №10		м^3	12000
	Жилой дом №11		м^3	12000
	Школа		м^3	35500
	Детский сад		м^3	25500
6	Нормируемая (базовая) удельная характеристика тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q^{тр}_{от}$	$\text{Вт/м}^3\text{C}$	[2, с. 23]
	Жилой дом №1		$\text{Вт/м}^3\text{C}$	0,359
	Жилой дом №2		$\text{Вт/м}^3\text{C}$	0,359
	Жилой дом №3		$\text{Вт/м}^3\text{C}$	0,359
	Жилой дом №4		$\text{Вт/м}^3\text{C}$	0,359

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
Исходные данные				
	Жилой дом №5		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №6		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №7		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №8		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №9		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №10		Вт/м³°C	0,359
	Жилой дом №11		Вт/м³°C	0,359
	Школа		Вт/м³°C	0,417
	Детский сад		Вт/м³°C	0,521
Решение				
А. (согласно [3])				
1	Градусо - сутки отопительного периода, ГСОП	$D_d = (t_b - t_{от}) \cdot Z_{от}$	°C·сут.	[2, с. 3]
	Жилой дом №1	$D_d = (20 - (-6,7)) \cdot 233$	°C·сут.	6221
	Жилой дом №2		°C·сут.	6221
	Жилой дом №3		°C·сут.	6221
	Жилой дом №4		°C·сут.	6221
	Жилой дом №5		°C·сут.	6221
	Жилой дом №6		°C·сут.	6221
	Жилой дом №7		°C·сут.	6221
	Жилой дом №8		°C·сут.	6221
	Жилой дом №9		°C·сут.	6221
	Жилой дом №10		°C·сут.	6221
	Жилой дом №11		°C·сут.	6221
	Школа		°C·сут.	6221
	Детский сад		°C·сут.	6221
2	Суммарная расчетная тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию здания(ий)	$Q_{ов max} = q^{тп}_{от} \cdot V \cdot (t_b - t_o)$	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Жилой дом №2	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Жилой дом №3	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 15500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	317176,5
			Гкал/ч	0,2727
	Жилой дом №4	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 15500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	317176,5
			Гкал/ч	0,2727
	Жилой дом №5	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Жилой дом №6	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Жилой дом №7	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 15500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	317176,5
			Гкал/ч	0,2727
	Жилой дом №8	$Q_{ов max} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
	Жилой дом №9	$Q_{\text{ов max}} = 0,359 \cdot 15500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	317176,5
			Гкал/ч	0,2727
	Жилой дом №10	$Q_{\text{ов max}} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Жилой дом №11	$Q_{\text{ов max}} = 0,359 \cdot 12000 \cdot (20 - (-37))$	Вт	245556
			Гкал/ч	0,2111
	Школа	$Q_{\text{ов max}} = 0,417 \cdot 35500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	843799,5
			Гкал/ч	0,7255
Детский сад	$Q_{\text{ов max}} = 0,521 \cdot 25500 \cdot (20 - (-37))$	Вт	757273,5	
		Гкал/ч	0,6511	
Б. (согласно [2] – для жилых домов)				
1	Отапливаемая площадь	$F \approx V/H_{\text{эт}}$	м ²	
	Жилой дом №1	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №2	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №3	$F \approx 15500/3$	м ²	5166,667
	Жилой дом №4	$F \approx 15500/3$	м ²	5166,667
	Жилой дом №5	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №6	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №7	$F \approx 15500/3$	м ²	5166,667
	Жилой дом №8	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №9	$F \approx 15500/3$	м ²	5166,667
	Жилой дом №10	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
	Жилой дом №11	$F \approx 12000/3$	м ²	4000,000
2	Удельный показатель максимальной тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию жилых домов	$q_{\text{от}}$	Вт/м ²	88 [4, п. 5.2]
3	Суммарная расчетная тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию здания(ий)	$Q_{\text{ов max}} = q_{\text{от}} \cdot F$	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №2	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №3	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 5166,667$	Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №4	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 5166,667$	Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №5	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №6	$Q_{\text{ов max}} = 88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027

Окончание таблицы 4

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
	Жилой дом №7	$Q_{\text{ов max}}=88 \cdot 5166,667$	Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №8	$Q_{\text{ов max}}=88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №9	$Q_{\text{ов max}}=88 \cdot 5166,667$	Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №10	$Q_{\text{ов max}}=88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №11	$Q_{\text{ов max}}=88 \cdot 4000,000$	Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
4	Суммарная расчетная тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию здания(ий)	Принимаем решение о выборе значения $Q_{\text{ов max}}$ для дальнейших расчетов	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №2		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №3		Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №4		Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №5		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
5	Жилой дом №6		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №7		Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №8		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №9		Вт	454666,700
			Гкал/ч	0,3910
	Жилой дом №10		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Жилой дом №11		Вт	352000,000
			Гкал/ч	0,3027
	Школа		Вт	843799,500
			Гкал/ч	0,7255
	Детский сад		Вт	757273,500
			Гкал/ч	0,6511

5.2 Расчет средних и максимальных расходов теплоты на ГВС

Расчет тепловых нагрузок на ГВС занесен в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет тепловых нагрузок на ГВС

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
Исходные данные				
1	Объем здания(ий)	V	м^3	
	Жилой дом №1		м^3	12000
	Жилой дом №2		м^3	12000
	Жилой дом №3		м^3	15500
	Жилой дом №4		м^3	15500
	Жилой дом №5		м^3	12000
	Жилой дом №6		м^3	12000
	Жилой дом №7		м^3	15500
	Жилой дом №8		м^3	12000
	Жилой дом №9		м^3	15500
	Жилой дом №10		м^3	12000
	Жилой дом №11		м^3	12000
	Школа		м^3	35500
	Детский сад		м^3	25500
2	Число потребителей горячей воды	$U = \frac{V}{H_{\text{эт}} \cdot 25}$		
	Жилой дом №1	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №2	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №3	$U = \frac{15500}{3 \cdot 25}$		207
	Жилой дом №4	$U = \frac{15500}{3 \cdot 25}$		207
	Жилой дом №5	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №6	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №7	$U = \frac{15500}{3 \cdot 25}$		207
	Жилой дом №8	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №9	$U = \frac{15500}{3 \cdot 25}$		207
	Жилой дом №10	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Жилой дом №11	$U = \frac{12000}{3 \cdot 25}$		160
	Школа	$U = \frac{35500}{3 \cdot 25}$		474
	Детский сад	$U = \frac{25500}{3 \cdot 25}$		340
3	Температура холодной воды	t_c	$^{\circ}\text{C}$	5
4	Температура горячей воды	t_h	$^{\circ}\text{C}$	60
5	Норма потребления	q_u^h	л/чел.сут	[1]
	Жилой дом		л/чел.сут	100
	Школа		л/чел.сут	8
	Детский сад		л/чел.сут	30
6	Продолжительность водозабора	T	ч	
	Жилой дом		ч	24

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
	Школа		ч	8
	Детский сад		ч	10
7	Доля потерь теплоты в сетях	$K_{тп}$		0,3 [3]
8	Коэффициент часовой неравномерности	$K_{ч}$		2,8
9	Удельная величина тепловой энергии на нагрев горячей воды	q^h_F	Вт/м ²	15,3 [1]
Решение				
А. (согласно [1])				
1	Средний часовой расход воды в сутки максимального водопотребления	$G_{hm}=(q^h_u \cdot U)/(1000 \cdot T)$	м ³ /ч	[1]
	Жилой дом №1	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №2	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №3	$G_{hm}=(100 \cdot 207)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,863
	Жилой дом №4	$G_{hm}=(100 \cdot 207)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,863
	Жилой дом №5	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №6	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №7	$G_{hm}=(100 \cdot 207)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,863
	Жилой дом №8	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №9	$G_{hm}=(100 \cdot 207)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,863
	Жилой дом №10	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Жилой дом №11	$G_{hm}=(100 \cdot 160)/(1000 \cdot 24)$	м ³ /ч	0,667
	Школа	$G_{hm}=(8 \cdot 474)/(1000 \cdot 8)$	м ³ /ч	0,474
	Детский сад	$G_{hm}=(30 \cdot 340)/(1000 \cdot 10)$	м ³ /ч	1,020
2	Средний поток на ГВС	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+K_{тп}) \cdot G_{hm} \cdot (t_h-t_c) \cdot 10^3$	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №2	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №3	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,863 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №4	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,863 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №5	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №6	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №7	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,863 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №8	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №9	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,863 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
	Жилой дом №10	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №11	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,667 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Школа	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 0,474 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	54225,600
			Гкал/ч	0,047
Детский сад	$Q^h_T=1,6 \cdot (1+0,3) \cdot 1,020 \cdot (60-5) \cdot 10^3$	Вт	116688,000	
		Гкал/ч	0,100	
3	Максимальный поток на ГВС	$Q_{hmax}=K_{\text{ч}} \cdot Q^h_T$	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №2	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №3	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 98727,2$	Вт	276436,160
			Гкал/ч	0,238
	Жилой дом №4	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 98727,2$	Вт	276436,160
			Гкал/ч	0,238
	Жилой дом №5	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №6	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №7	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 98727,2$	Вт	276436,160
			Гкал/ч	0,238
	Жилой дом №8	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №9	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 98727,2$	Вт	276436,160
			Гкал/ч	0,238
	Жилой дом №10	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Жилой дом №11	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 76304,8$	Вт	213653,440
			Гкал/ч	0,184
	Школа	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 54225,6$	Вт	151831,680
			Гкал/ч	0,131
Детский сад	$Q_{hmax}=2,8 \cdot 116688,0$	Вт	326726,400	
		Гкал/ч	0,281	
Б. согласно[1]				
1	Средний поток на ГВС	$Q^h_T=(V/H_{\text{эт}}) \cdot q^h_F$	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №2	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №3	$Q^h_T=(15500/3) \cdot 15,3$	Вт	79050,000
			Гкал/ч	0,068

Окончание таблицы 5

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
	Жилой дом №4	$Q^h_T=(15500/3) \cdot 15,3$	Вт	79050,000
			Гкал/ч	0,068
	Жилой дом №5	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №6	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №7	$Q^h_T=(15500/3) \cdot 15,3$	Вт	79050,000
			Гкал/ч	0,068
	Жилой дом №8	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №9	$Q^h_T=(15500/3) \cdot 15,3$	Вт	79050,000
			Гкал/ч	0,068
	Жилой дом №10	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
	Жилой дом №11	$Q^h_T=(12000/3) \cdot 15,3$	Вт	61200,000
			Гкал/ч	0,053
2	Средний тепловой поток на ГВС	Принимаем решение о выборе значения Q^h_T для дальнейших расчетов	Вт	
			Гкал/ч	
	Жилой дом №1		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №2		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №3		Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №4		Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №5		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №6		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №7		Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №8		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №9		Вт	98727,200
			Гкал/ч	0,085
	Жилой дом №10		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Жилой дом №11		Вт	76304,800
			Гкал/ч	0,066
	Школа		Вт	54225,600
			Гкал/ч	0,047
	Детский сад		Вт	116688,000
			Гкал/ч	0,100

Полученный расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение сводим в таблицу 6.

Таблица 6 - Расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию и ГВС

№ п/п	Наименование потребителя	Тепловые потоки, Q, Вт		
		$Q_{ov\ max}$	Q_{hm}	$Q_{h\ max}$
1	Жилой дом №1	352000	76305	213653
2	Жилой дом №2	352000	76305	213653
3	Жилой дом №3	454667	98727	276436
4	Жилой дом №4	454667	98727	276436
5	Жилой дом №5	352000	76305	213653
6	Жилой дом №6	352000	76305	213653
7	Жилой дом №7	454667	98727	276436
8	Жилой дом №8	352000	76305	213653
9	Жилой дом №9	454667	98727	276436
10	Жилой дом №10	352000	76305	213653
11	Жилой дом №11	352000	76305	213653
12	Школа	843800	54226	151832
13	Детский сад	757273	116688	326726
	Σ	$\Sigma 6052276$	$\Sigma 1099957$	$\Sigma 3079873$
				$\Sigma 9132149$

5.3 Построение графика зависимости тепловой нагрузки от t_n

После определения расчетного теплопотребления строим графики часовых расходов теплоты на отопление и вентиляцию, в зависимости от температуры наружного воздуха, и на горячее водоснабжение. По оси абсцисс откладываем температуру наружного воздуха от $t_n=8^{\circ}\text{C}$ до $t_0=-37^{\circ}\text{C}$, по оси ординат – часовые расходы теплоты. Поскольку часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию представляют собой линейные зависимости от температуры наружного воздуха, то график $Q_{ov}=f(t_n)$ строим по двум точкам: при $t_0=-37^{\circ}\text{C}$, $Q_{ov}^{max}=6052,28\text{ кВт}$ и при $t_n=8^{\circ}\text{C}$.

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение – круглогодовая, в течение отопительного периода условно принимается постоянной, не зависящей от температуры наружного воздуха. Поэтому график часового расхода теплоты на горячее водоснабжение представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс.

В летний период нагрузки на отопление и вентиляцию отсутствуют, остается только тепловая нагрузка на горячее водоснабжение. График тепловой нагрузки на горячее водоснабжение в летний период представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс, в точке пересечения $t_b=+20^{\circ}\text{C}$ по оси ординат и Q_{hm}^s по оси абсцисс.

Суммарный график часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строится путем сложения соответствующих ординат при $t_n=+8^{\circ}\text{C}$. Построенный график изображен на рисунке 4.

Расчет сведен в таблицу 7.

Таблица 7 - Расчет для построения графика тепловой нагрузки от t_n

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Расход теплоты на отопление и вентиляцию при $t_n=8^\circ\text{C}$	$Q_{\text{ов}}^{+8^\circ\text{C}} = Q_{\text{ов}}^{\text{max}}(t_b - t_n)/(t_b - t_o)$	кВт	1274,16
2	Средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий	t_b	$^\circ\text{C}$	20
3	Расчетный расход теплоты на горячее водоснабжение в летний период года	$Q_{\text{hm}}^s = \beta \cdot Q_{\text{hm}}(t_h - t_c^s)/(t_h - t_c)$	кВт	733,30
4	Коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода горячей воды	β	-	0,8
5	Температура горячей воды	t_h	$^\circ\text{C}$	65
6	Температура воды в неотапительный период	t_c^s	$^\circ\text{C}$	15
7	Температура холодной воды в отопительный период	t_c	$^\circ\text{C}$	5

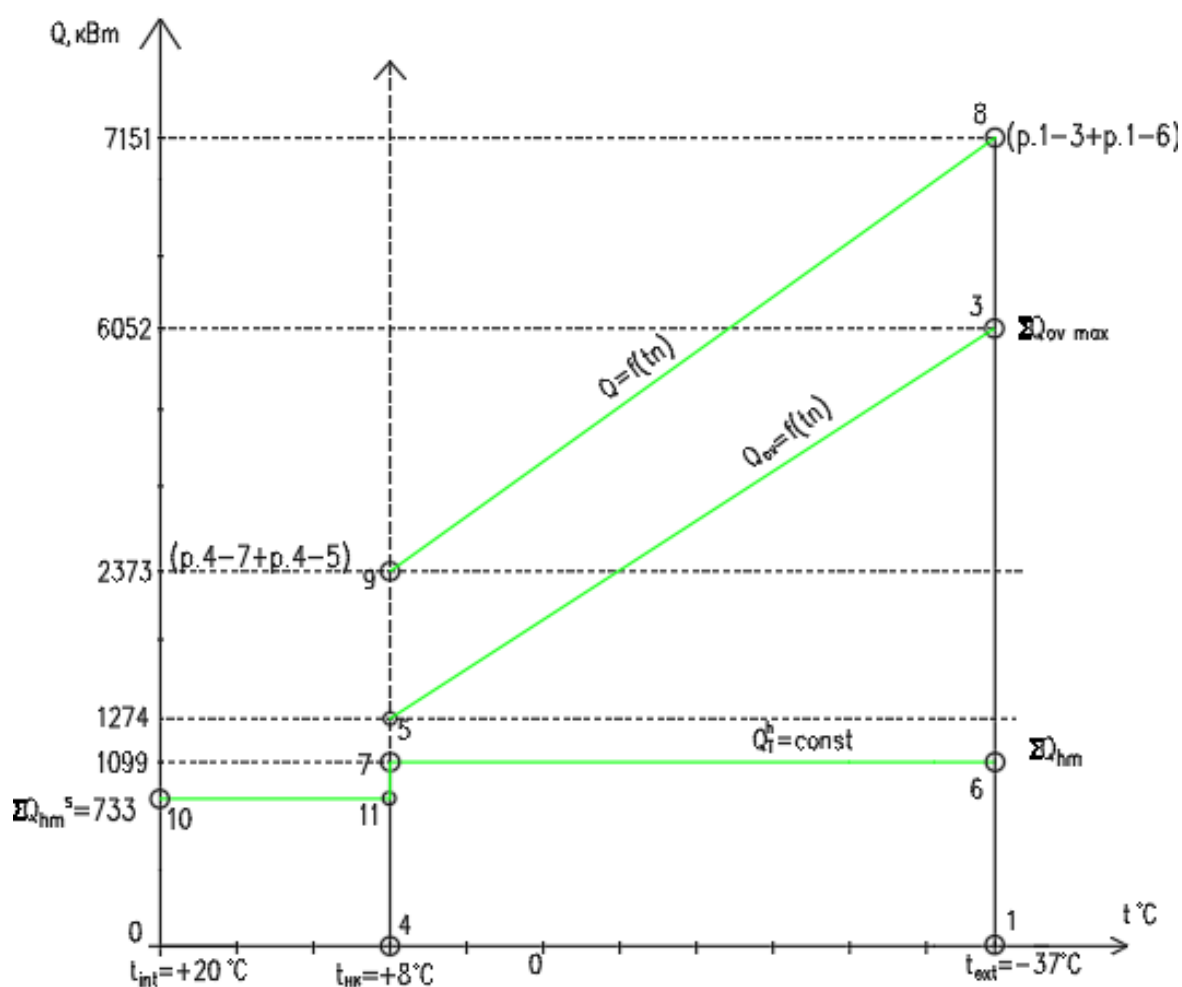


Рисунок 4 – График тепловых потоков

5.4 Построение графика изменения полной тепловой нагрузки по месяцам года

График изменения тепловой нагрузки по месяцам года (рисунок 5) строится на основе расхода теплоты на отопление и вентиляцию, которые рассчитываются по среднемесячным наружным температурам, представленные в таблице 2 - Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С. Расчет сведен в таблицу 8.

Таблица 8 - Расчет расхода теплоты на отопление и вентиляцию при среднемесячных наружных температурах

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Расход теплоты на отопление и вентиляцию при среднемесячных наружных температурах	$Q_i = Q_{ов\ max} \cdot (t_b - t_{мес\ ср}) / (t_b - t_o) + \sum Q_h$	кВт	-
2	Расход теплоты на отопление и вентиляцию	$Q_{ов\ max}$	кВт	6052,28
3	Средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий	t_b	°С	20
4	Средняя месячная температура воздуха	$t_{мес\ ср}$	°С	-
5	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления	t_o	°С	-37
6	Сумма среднего теплового потока на ГВС	$\sum Q_h$	кВт	1099,96
7	Средний тепловой поток на ГВС в летний период	$Q_{hm\ s}$	кВт	733,30

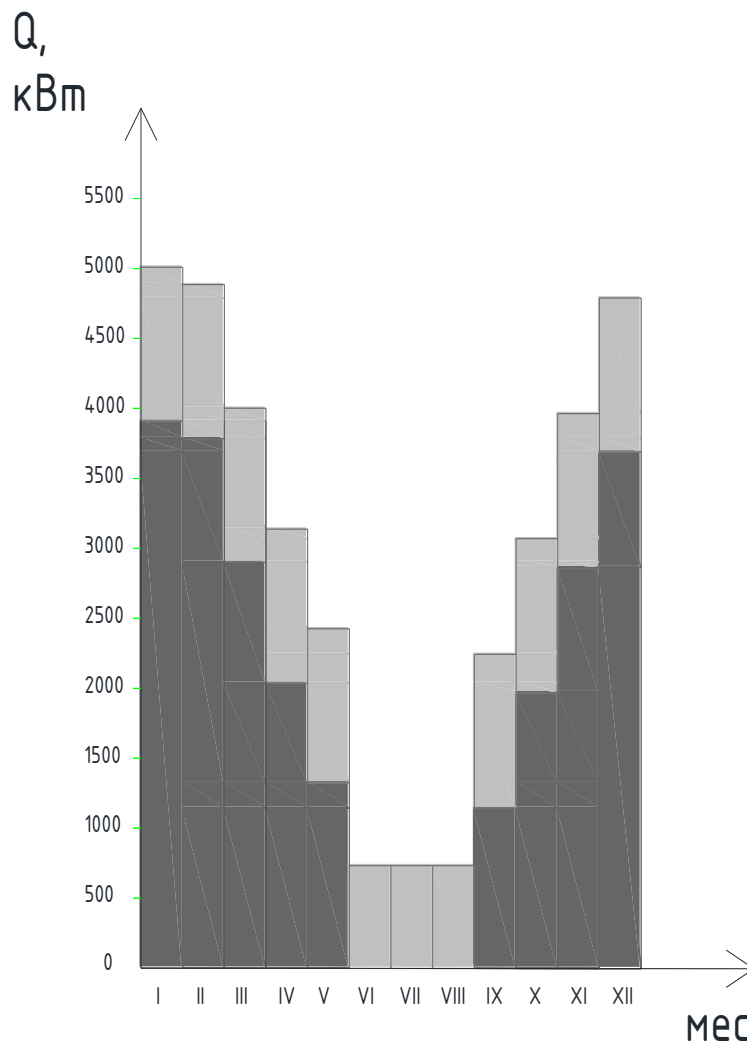


Рисунок 5 – График изменения полной тепловой нагрузки по месяцам года

5.5 Построение графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки

Для установления экономичного режима работы теплофикационного оборудования, выбора наивыгоднейших параметров теплоносителя, а также для других плановых и технико-экономических исследований необходимо знать длительность работы системы теплоснабжения при различных режимах в течение года. Для этой цели строятся графики продолжительности тепловой нагрузки.

График продолжительности сезонной тепловой нагрузки показан на рисунке 6.

График годового расхода теплоты по продолжительности стояния температур наружного воздуха строится на основании графика суммарных часовых расходов теплоты и состоит из двух частей: правой – графика зависимости суммарных часовых расходов теплоты от температуры наружного воздуха и левой – годового графика расхода теплоты. На последнем по оси ординат откладывается расход теплоты, по оси абсцисс – число часов стояния температур наружного воздуха за отопительный период, которое берется из таблицы 3 - Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже данной (для ориентировочных расчетов).

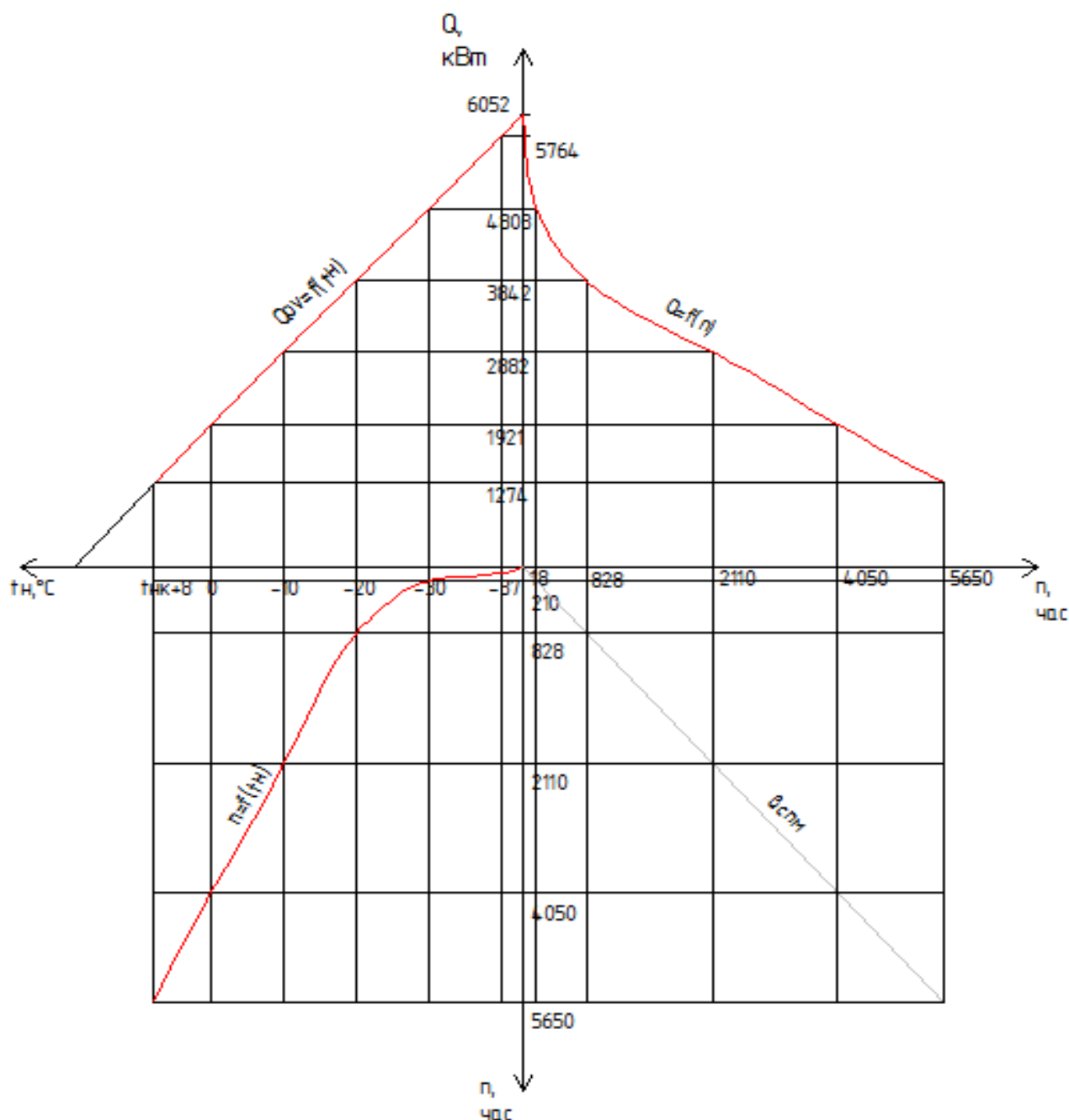


Рисунок 6 – График продолжительности сезонной нагрузки

5.6 Построение графика продолжительности суммарной тепловой нагрузки

При построении графика расхода тепла по продолжительности сезонных тепловых нагрузок используем график продолжительности тепловой нагрузки. Построенный график изображен на рисунке 7.

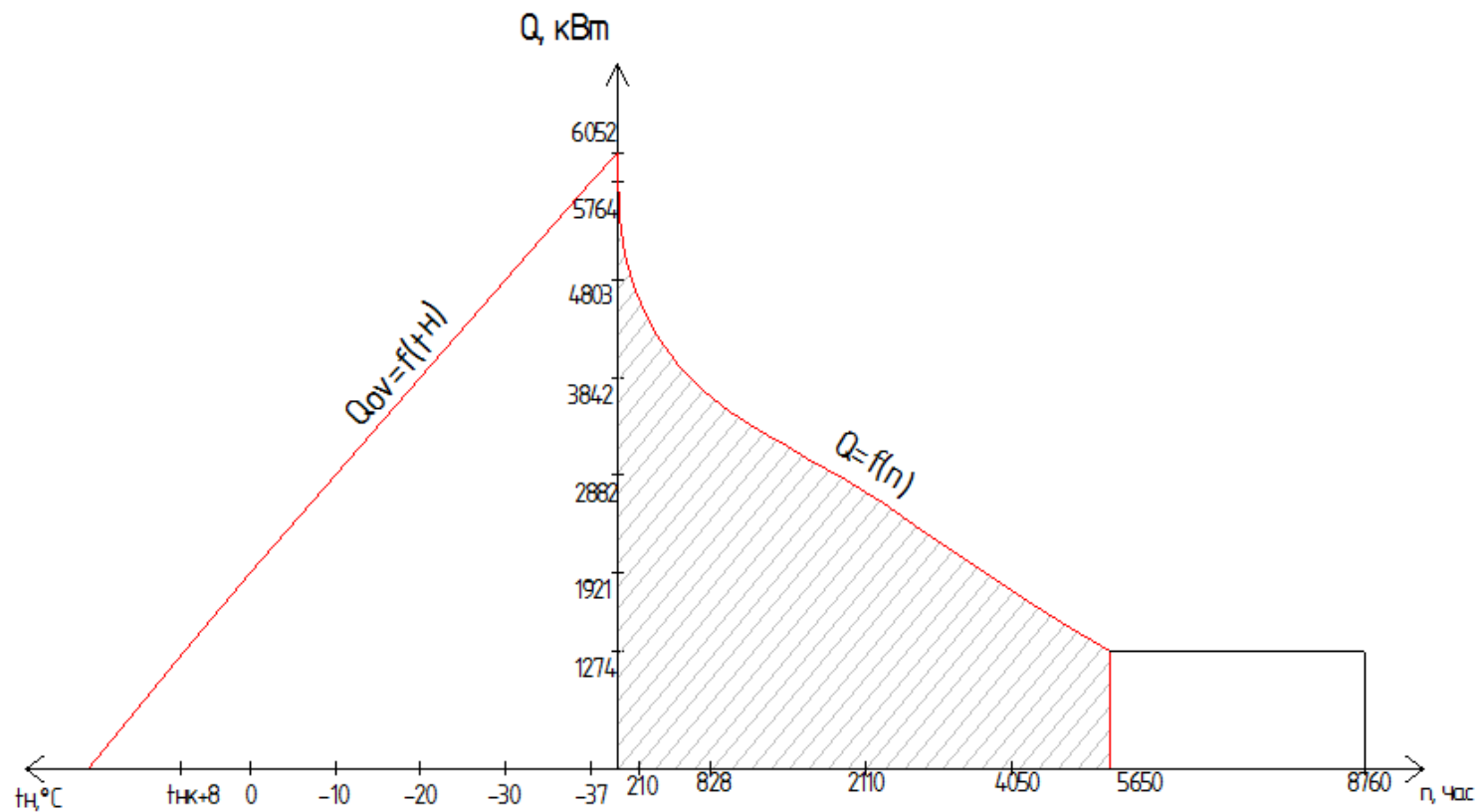


Рисунок 7 – График продолжительности суммарной нагрузки

Площадь выделенного графика $S=122,5 \text{ см}^2$;
 Масштаб оси ординат: $A=6052/7=865 \text{ кДж/ч} \cdot \text{см}$;
 Масштаб графика оси абсцисс: $B=5780/8,5=680 \text{ ч/см}$;
 Масштаб площади графика: $C=865 \cdot 680=588200 \text{ кДж/см}^2$;
 Количество потребляемой теплоты: $Q_{\text{п}}=S \cdot C=588200 \cdot 122,5=72054500 \text{ кДж}$;
 Количество отпускаемой теплоты: $Q_{\text{от}}=K_{\text{тп}} \cdot Q_{\text{п}}=1,2 \cdot 72054500=86465400 \text{ кДж}$;
 Расход топлива: $V=Q_{\text{от}}/Q_{\text{н}}=86465400/13060 = 6620,63 \text{ т}$.

6 Расчет графиков регулирования отпуска теплоты потребителям

Так как тепловая нагрузка жилищно-коммунального сектора составляет более 65%, то регулирование отпуска теплоты осуществляется по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Расчет регулирования отпуска теплоты потребителям представлен в таблице 9. Минимальная температура сетевой воды в подающей магистрали закрытой системы теплоснабжения принимается равной 60°C .

При регулировании отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения потребители системы отопления и горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям по принципу связанной подачи теплоты. Для этого регулятор расхода РР устанавливается на подающем трубопроводе абонентского ввода перед отбором воды на горячее водоснабжение, он поддерживает постоянный расход сетевой воды на ввод, равный расчетному на отопление, без учета нагрузки на горячее водоснабжение.

Водоразбор из подающей линии уменьшает поступление сетевой воды в систему отопления. Небаланс теплоты на отопление компенсируется некоторым повышением температуры воды в подающем трубопроводе по сравнению с отопительным графиком.

При данном методе регулирования в тепловой сети поддерживают температурный режим по скорректированному (повышенному) температурному графику, который строится на основе отопительно-бытового. Расчет сведен в таблицу 9.

Таблица 9 - Регулирование систем теплоснабжения по отопительной нагрузке

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания	t_{int}	$^{\circ}\text{C}$	20
2	Температура наружного воздуха	t_o	$^{\circ}\text{C}$	-37
3	Текущая температура наружного воздуха	t_n	$^{\circ}\text{C}$	-
4	Расчетная температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети	τ'_{01}	$^{\circ}\text{C}$	130

Окончание таблицы 9

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
5	Расчетная температура теплоносителя на входе в прибор	τ'_{03}	°C	95
6	Расчетная температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети	τ'_{02}	°C	70
7	Температура воды в подающем трубопроводе в «точке излома» отопительного графика при $t_{н,н}$	τ''_{01}	°C	93
8	Температура воды в обратном трубопроводе в «точке излома» отопительного графика при $t_{н,н}$	τ''_{02}	°C	55
9	Расчетный перепад температур воды в тепловой сети	$\delta\tau_o = \tau'_{01} - \tau'_{02}$	°C	60
10	Перепад температур в системе отопления	$\Theta = \tau'_{03} - \tau'_{02}$	°C	25
Решение				
11	Температурный напор	$\Delta t_o = (\tau'_{03} + \tau'_{02})/2 - t_{int}$	°C	62,5
12	Относительная потребность на отопление	$\Pi = (t_{int} - t_n)/(t_{int} - t_o)$		
		при $t_n = t_o = -37$	°C	1,00
		при $t_n = -20$	°C	0,70
		при $t_n = +8$	°C	0,21
13	Температура в подающей линии	$\tau_1^{var} = t_{int} + \Delta t_o \cdot \Pi^{0,8} + (\delta\tau_o - 0,5 \cdot \Theta) \cdot \Pi$	°C	
		при $t_n = t_o = -37$	°C	130
		при $t_n = -20$	°C	100,2
		при $t_n = t_o = 8$	°C	47,9
14	Температура в обратной линии	$\tau_2^{var} = \tau_1^{var} - \delta\tau_o \cdot \Pi$	°C	
		при $t_n = t_o = -37$	°C	70
		при $t_n = -20$	°C	58,2
		при $t_n = t_o = 8$	°C	35,3

График регулирования систем теплоснабжения по отопительной нагрузке представлен на рисунке 8.

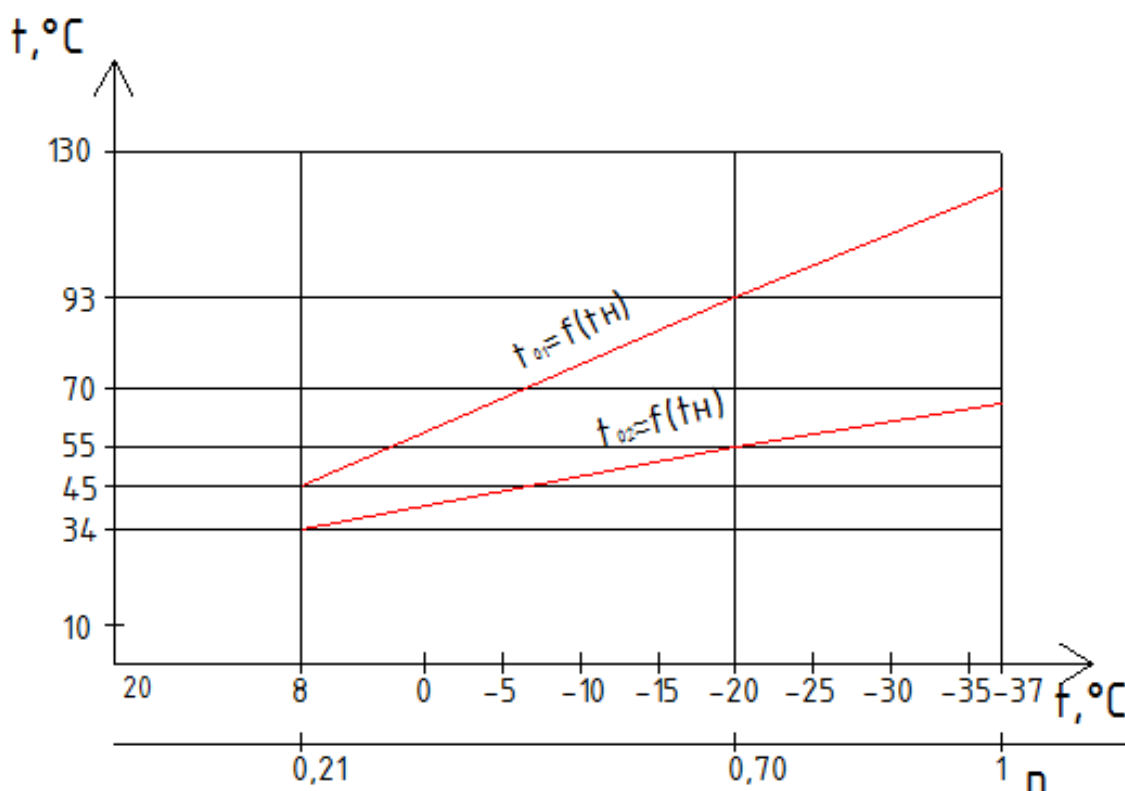


Рисунок 8 – График регулирования систем теплоснабжения по отопительной нагрузке

7 Гидравлический расчет тепловой сети

Гидравлический расчет тепловых сетей одинаково необходим как при проектировании, так и при эксплуатации систем теплоснабжения.

При проектировании тепловых сетей в гидравлическом расчете решаются следующие задачи:

- определение диаметров трубопроводов;
- определение падения давления (напора) по длине трубопровода;
- определение давлений (напоров) в различных точках сети;
- гидравлическая увязка всех точек системы при статическом и гидравлическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в тепловой сети и абонентских системах.

В процессе эксплуатации тепловых сетей целью гидравлического расчета чаще всего является определение фактических давлений и напоров в различных точках сети с учетом фактического состояния трубопроводов и реальных нагрузок потребителей.

В результате гидравлического расчета можно получить информацию:

- для определения капиталовложений, расхода металла (труб) и основного объема работ по сооружению трубопроводов тепловой сети;
- для определения характеристик сетевых циркуляционных и подпиточных насосов, количества насосов и их размещения;

- для выяснения условий работы источников теплоты, тепловой сети и абонентских систем, а также, выбора схем присоединения теплопотребляющих установок к тепловой сети;

- для выбора средств автоматического регулирования параметров теплоносителя в тепловой сети на групповых, местных тепловых пунктах и на абонентских вводах;

- для разработки режимов эксплуатации систем теплоснабжения.

Для проведения гидравлического расчета необходимо иметь данные по расчетным тепловым нагрузкам потребителей, их размещению в пространстве, а также должно быть указано размещение источников теплоты и конфигурация тепловых сетей.

7.1 Определение расчетных расходов теплоносителя (на ИТП абонентов)

Расчетный расход теплоносителя нужен для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях.

В качестве теплоносителя принимаем воду.

Следует также проверять возможность применения воды как теплоносителя для технологических процессов.

Максимальная расчетная температура сетевой воды на выходе из источника теплоты, в тепловых сетях и приемниках теплоты устанавливается на основе технико-экономических расчетов.

При центральном качественно-количественном регулировании отпуска теплоты для подогрева воды в системах горячего водоснабжения потребителей температура воды в подающем трубопроводе для закрытой системы теплоснабжения должна быть не менее 60°C.

Параметры теплоносителя принимаем 130 - 70°C.

Алгоритм расчет расходов теплоносителя приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Алгоритм расчета расходов теплоносителя

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети	τ_1	°C	130
2	Температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети	τ_2	°C	70
3	Удельная теплоемкость воды	c	кДж/т	4187
4	Максимальный тепловой поток на отопление и вентиляцию	$Q_{ов\ max}$	Вт	-
5	Расчетный расход воды на отопление и вентиляцию	$G_{ов\ max}=Q_{ов\ max}/(c \cdot (\tau_1-\tau_2))$	кг/с	-
6	Температура холодной (водопроводной) в отопительный период	t_c	°C	5

Окончание таблицы 10

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
7	Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей	t_h	°C	60
8	Средний тепловой поток на горячее водоснабжение	Q_{hm}	Вт	-
9	Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение	$Q_{h \max}$	Вт	-
10	Максимальный расход воды на горячее водоснабжение	$G_{h \max} = Q_{h \max} / (c \cdot (t_h - t_c))$	кг/с	-
11	Средний расход воды на горячее водоснабжение	$G_{h \max} = Q_{hm} / (c \cdot (t_h - t_c))$	кг/с	-
12	Суммарный расчетный тепловой поток на горячее водоснабжение в двухтрубных тепловых сетях	$G_d = G_{ov \max} + G_{h \max}$	кг/с	-

Результаты расчета занесены в таблицу 11.

Таблица 11 - Расчетные расходы теплоносителя в тепловых сетях

№ п/п	Наименование потребителя	Весовые нагрузки, G, кг/с			Расчетный режим
		$G_{ov \max}$	G_{hm}	$G_{h \max}$	G_d
1	Жилой дом №1	1,40	0,33	0,93	2,33
2	Жилой дом №2	1,40	0,33	0,93	2,33
3	Жилой дом №3	1,81	0,43	1,20	3,01
4	Жилой дом №4	1,81	0,43	1,20	3,01
5	Жилой дом №5	1,40	0,33	0,93	2,33
6	Жилой дом №6	1,40	0,33	0,93	2,33
7	Жилой дом №7	1,81	0,43	1,20	3,01
8	Жилой дом №8	1,40	0,33	0,93	2,33
9	Жилой дом №9	1,81	0,43	1,20	3,01
10	Жилой дом №10	1,40	0,33	0,93	2,33
11	Жилой дом №11	1,40	0,33	0,93	2,33
12	Школа	3,71	0,24	0,66	4,37
13	Детский сад	3,33	0,51	1,42	4,75

7.2 Построение расчетной схемы тепловой сети

Построение расчетной схемы тепловой сети начинаем с выбора на трассе расчетной магистрали, т.е. наиболее протяженную и загруженную, соединяющую источник теплоты (точки подключения) с наиболее удаленным потребителем. Затем разбиваем тепловую сеть на расчетные участки. Используя данные таблицы 11, определяем расчетные расходы теплоносителя и измеряем по генплану длину участков.

Схема тепловой сети в расчетный период представлена на рисунке 9.

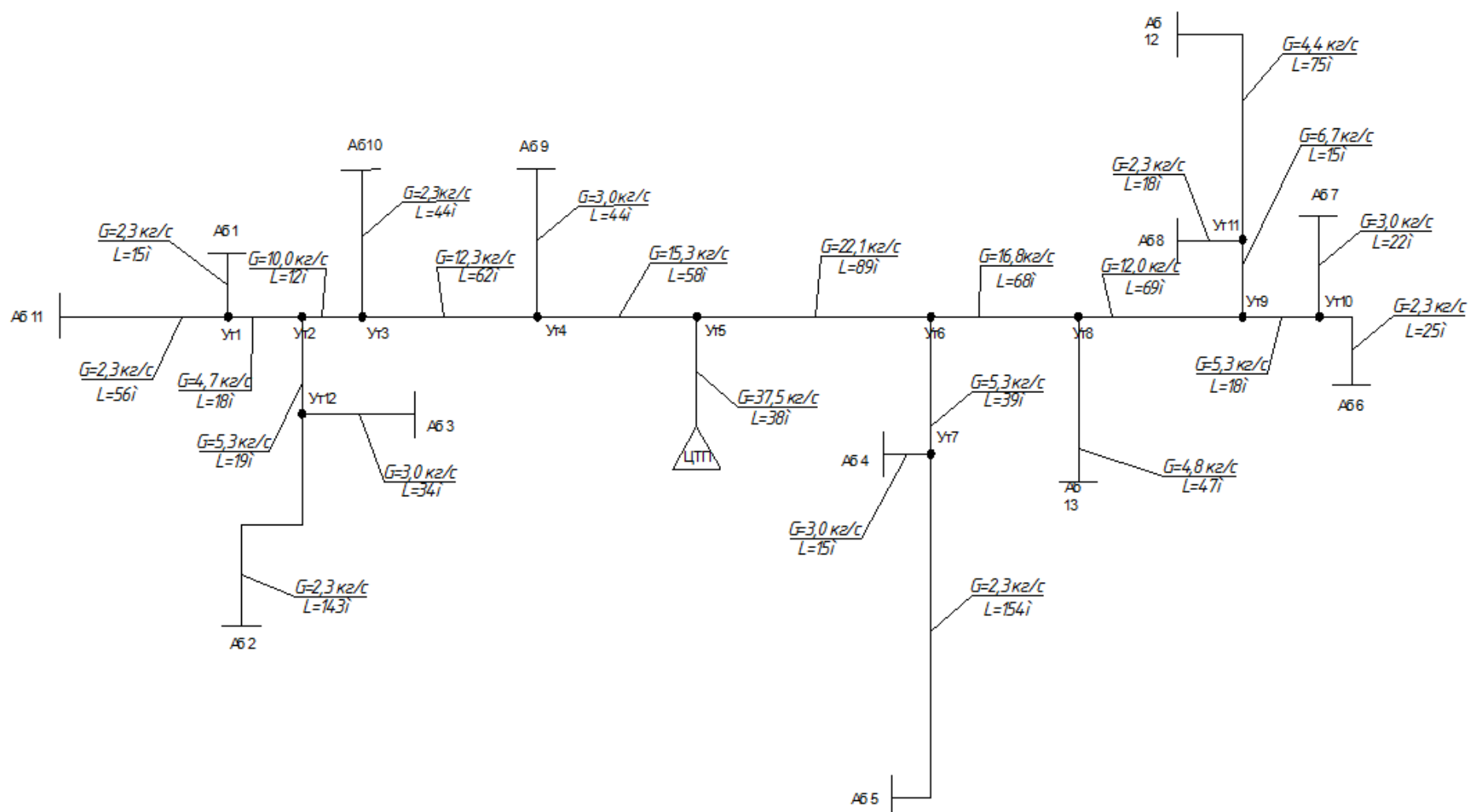


Рисунок 9 – Расчетная схема тепловой сети

7.3 Расчет потокораспределения (расходы на расчетных участках)

Для тепловой сети жилого микрорайона предусматриваются следующие гидравлические режимы:

- расчетный - по расчетным расходам сетевой воды;
- летний - при максимальной нагрузке горячего водоснабжения в неотапительный период;
- статический - при отсутствии циркуляции теплоносителя в тепловой сети.

Расходы воды в подающем и обратном трубопроводах определяем, опираясь на таблицу 11, суммируя расходы воды на последовательно соединенных участках и на каждом ответвлении согласно расчетной схеме тепловой сети. Расчет гидравлических режимов заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Расчет гидравлических режимов для закрытой системы

Наименование	Трубопровод	
	подающий	обратный
Магистраль		
ЦТП-УТ1	37,47	37,47
УТ1-УТ6	22,13	22,13
УТ6-УТ8	16,79	16,79
УТ8-УТ9	12,04	12,04
УТ9-УТ11	6,70	6,70
УТ11-Шк	4,37	4,37
Ответвления		
УТ6-УТ7	5,34	5,34
УТ7-А64	3,01	3,01
УТ7- А65	2,33	2,33
УТ8-Д.С.	4,75	4,75
УТ9-УТ10	5,34	5,34
УТ10- А66	2,33	2,33
УТ10- А67	3,01	3,01
УТ11- А68	2,33	2,33
УТ1-УТ4	15,34	15,34
УТ4- А69	3,01	3,01
УТ4-УТ3	12,33	12,33
УТ3- А610	2,33	2,33
УТ3-УТ2	10,00	10,00
УТ2-УТ12	5,34	5,34
УТ12- А63	3,01	3,01
УТ12- А62	2,33	2,33
УТ2-УТ5	4,66	4,66
УТ5- А61	2,33	2,33
УТ5- А611	2,33	2,33

7.4 Подбор диаметров расчетных участков. Определение суммарных потерь давления от источника до потребителей

Расчет подбора диаметров расчетных участков и определение суммарных потерь давления от источника до потребителя занесен в таблицу 13.

Таблица 13 - Расчет подбора диаметров расчетных участков и определение суммарных потерь давления от источника до потребителя

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Ориентировочный внутренний диаметр*	$d_{вн}=\sqrt{(G \cdot 4)/(\pi \cdot \omega \cdot \rho)}$	м	-
2	Нормативная скорость теплоносителя	ω	м/с	0,7
3	Плотность теплоносителя:	ρ	кг/м ³	
	для подающего теплоносителя при t=130°C		кг/м ³	934,9
	для обратного трубопровода при t=70°C		кг/м ³	977,8
4	Суммарный коэффициент местных сопротивлений	$\sum \xi$	-	[1]
5	Фактическая скорость теплоносителя	$\omega=(4 \cdot G)/(\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \rho)$	м/с	-
6	Число Рейнольдса:	$Re=\omega \cdot d_{вн}/\nu$	-	-
	при Re < 2000 – режим ламинарный			
	при Re > 4000 – режим турбулентный			
	при 2000 < Re < 4000 – режим переходный			
7	Вязкость теплоносителя:	ν	м ² /с	
	для подающего трубопровода при t=130°C		м ² /с	0,229·10 ⁻⁶
	для обратного трубопровода при t=70°C		м ² /с	0,416·10 ⁻⁶
8	Коэффициент гидравлического трения (для турбулентного режима)	$\lambda=0,11 \cdot (k_e/d_{вн})^{0,25}$	-	-
9	Коэффициент	k_e	-	0,0005
10	Характеристика гидравлического сопротивления	$S_G=(8 \cdot ((\lambda/d_{вн})+\sum \xi))/(\pi^2 \cdot d_{вн}^5 \cdot g \cdot \rho^2)$	м·с ² /кг ²	-
11	Гравитационная постоянная	g	м/с ²	9,81
12	Потери давления на участках и на всей магистрали	$\Delta P_i=S_{Gi} \cdot G_i^2$	м	-
13	Суммарные потери напора от источника до каждого абонента	$\Delta P=\sum \Delta P_i$	м	-
14	Число расчетных участков (последовательно соединенных) от источника до рассматриваемого абонента	n		-
15	Пропускная способность клапана	$K_{vs}=1/\sqrt{S_G}$	-	-

* Предварительно рассчитанный диаметр округляем до ближайшего по сортаменту [7]

Гидравлический расчет тепловой сети представлен в приложении А.

7.5 Расчет и подбор балансировочного клапана

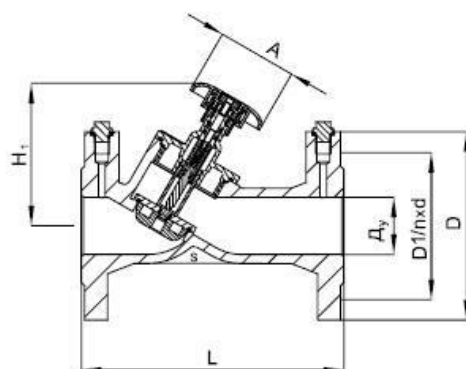
Балансировочный клапан – специальное устройство, необходимое для успешной работы трубопровода. Это устройство предназначается для точного регулирования расхода среды в системах отопления, вентиляции, кондиционирования, охлаждения и т.д.

Подбор балансировочных устройств по дросселирующему давлению, (бар) и расходу воды, ($\text{м}^3/\text{ч}$), осуществляем при помощи каталога теплотехнического оборудования [16]. Значения давления и расхода воды берем из приложения А.

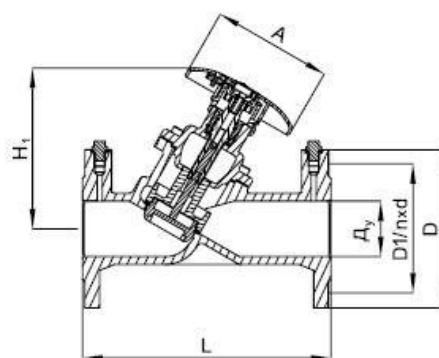
Подобранное балансировочное устройство вносим в таблицу 14 Балансировочный клапан Danfoss MSV-F2 (рисунок 10)

Таблица 14 – Подбор балансировочного клапана

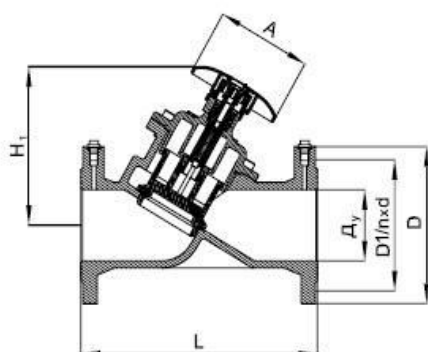
№ п/п	G_d , кг/с	G_d , $\text{м}^3/\text{ч}$	$\Sigma \Delta P$, м	$\Sigma \Delta P$, бар	Балансировочный клапан			
					K_v	производитель	марка	K_{vs}
Ут11-Шк	4,37	1,21	4,6	0,46	2,77	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут7-А64	3,01	0,84	5,44	0,544	1,48	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут7- А65	2,33	0,65	7,01	0,701	0,75	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут8-Д.С	4,75	1,32	5,1	0,51	2,47	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут10- А66	2,33	0,65	6,61	0,661	0,89	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут10- А67	3,01	0,84	5,92	0,592	1,49	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут11- А68	2,33	0,65	7,64	0,764	0,90	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут4- А69	3,01	0,84	5,99	0,599	1,34	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут3- А610	2,33	0,65	7,34	0,734	0,81	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут12- А63	3,01	0,84	7,09	0,709	1,34	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут12- А62	2,33	0,65	8,68	0,868	0,90	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут5- А61	2,33	0,65	8,26	0,826	0,90	Danfoss	MSV-F2	3,10
Ут5- А611	2,33	0,65	8,2	0,2865	0,84	Danfoss	MSV-F2	3,10



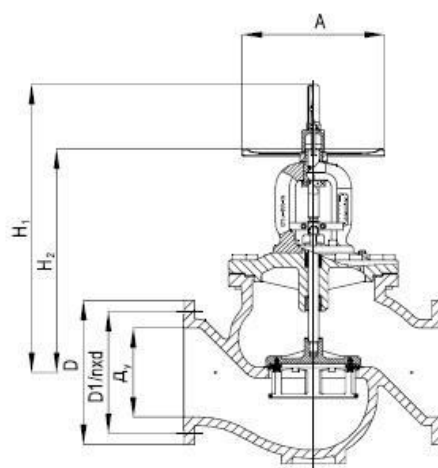
$D_y = 15-50 \text{ мм}$



$D_y = 65 \text{ мм}$



$D_y = 80-150 \text{ мм}$



$D_y = 200-400 \text{ мм}$

D_y мм	L	H_1	H_2	A	$P_y = 16 \text{ бар}$			$P_y = 25 \text{ бар}$		
					D	D1	n x d	D	D1	n x d
					мм					
15	130	80	—	78	95	65	4 x 14	95	65	4 x 14
20	150	90	—	78	105	75	4 x 14	105	75	4 x 14
25	160	105	—	78	115	85	4 x 14	115	85	4 x 14
32	180	110	—	78	140	100	4 x 19	140	100	4 x 19
40	200	125	—	78	150	110	4 x 19	150	110	4 x 19
50	230	125	—	78	165	125	4 x 19	165	125	4 x 19
65	290	187	—	140	185	145	4 x 19	185	145	8 x 19
80	310	205	—	140	200	160	8 x 19	200	160	8 x 19
100	350	222	—	140	220	180	8 x 19	235	190	8 x 23
125	400	251	—	140	250	210	8 x 19	270	220	8 x 28
150	480	247	—	140	285	240	8 x 19	300	250	8 x 28
200	600	721	533	360	340	295	12 x 23	360	310	12 x 28
250	730	808	617	400	405	355	12 x 28	425	370	12 x 31
300	850	855	664	400	460	410	12 x 28	485	430	16 x 31
350	980	910	729	500	520	470	16 x 28	555	490	16 x 34
400	1100	960	762	500	580	525	16 x 31	620	550	16 x 37

Примечание: n — количество отверстий во фланце.

Рисунок 10 - Балансировочный клапан Danfoss MSV-F2

8 Построение пьезометрического графика

Результаты гидравлического расчета используются для построения пьезометрического графика, выбора схем абонентских вводов, подбора насосов и т.д.

Пьезометрический график служит для проверки соответствия гидравлического режима предъявляемым требованиям.

Требования к гидравлическим режимам:

- соответствие механическим прочностям элементов сети и санитарно-гигиенических устройств абонентов;
- предотвращение вскипания высокотемпературного теплоносителя;
- повышение пьезометрических напоров с запасом 5м высот здания потребителей.

На пьезометрическом графике в едином масштабе наносят:

- рельеф местности;
- высоты присоединенных зданий и абонентов;
- напоры (давления) в тепловой сети;
- располагаемые перепады давления;
- допустимые пределы изменения давлений в подающей и обратной магистралях.

Пьезометрический график представлен в графической части на листе 4.

Если перепад давления до и после сетевого насоса больше допустимого, то срабатывает дроссельный клапан; иначе - открывается клапан регулятора давления подпиточного насоса.

По пьезометрическому графику можно определить напоры в любых точках тепловой сети, потери напора на участке, располагаемые напоры в точках тепловой сети, напоры сетевого насоса, можно рассчитать избыточное давление в любой точке тепловой сети, потери давления в Па.

8.1 Построение пьезометра для расчетного режима

Пьезометрический график для расчетного режима строят на основании данных приложения А.

8.2 Построение пьезометра для статического режима

Пьезометрический график при статическом режиме представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс из-за отсутствия циркуляции теплоносителя ($H_{ст} = \Delta H_{подп}$). Напор в системе поддерживается подпиточными насосами.

Разработку пьезометрического графика начинают с гидростатического режима, когда система теплоснабжения заполнена водой с температурой не выше 100°C. На основе гидростатического режима из условия не превышения

допустимого давления во всех элементах оборудования, включая абонентские установки, проверяют возможность установления общей статической зоны для всей системы теплоснабжения, т.е. возможность поддержания одного и того же статического напора во всей системе, а также выявляют причины, препятствующие такому решению.

Установление общей статической зоны для всей системы теплоснабжения упрощает эксплуатацию и повышает надежность теплоснабжения, поэтому такое решение является предпочтительным.

9 Подбор сетевых и подпиточных насосов

Одна из задач гидравлического расчета сети заключается в определении характеристик насосов.

Проектная подача рабочих сетевых насосов, устанавливаемых на станции, должна соответствовать максимальному расходу воды в сети. Количество устанавливаемых сетевых насосов должно быть не менее двух, из которых один резервный.

В закрытой системе теплоснабжения напор подпиточных насосов определяют следуя требованиям незавоздушенности системы.

Подбор сетевого и подпиточного насосов занесен в таблицу 15.

Таблица 15 - Подбор насосов

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
Исходные данные				
1	Суммарный тепловой поток	Q	МВт	9,132
2	Расход на головном участке	$G_{уч}$	т/ч	134,892
3	Плотность воды	ρ	т/м ³	0,9778
4	Суммарные потери напора в подающем трубопроводе от источника до характерного абонента	$\Delta H_{п}$	м	2,40
5	Потери напора в подающем трубопроводе источника	$\Delta H_{п\text{ ист}}$	м	5
6	Потери давления в инженерных системах абонента	$\Delta H_{аб}$	м	20
7	Суммарные потери напора от характерного абонента до источника	$\Delta H_{об}$	м	2,26
8	Суммарные потери в обратном трубопроводе источника	$\Delta H_{об\text{ ист}}$	м	1
Решение				
1	Производительность (подача) сетевого насоса	$L_{сн}=1,1 \cdot G_{уч} \cdot 1/\rho$	м ³ /ч	151,750
2	Напор сетевого насоса	$H_{сн}=\Delta H_{п\text{ ист}} + \Delta H_{п} + \Delta H_{аб} + \Delta H_{об} + \Delta H_{об\text{ ист}}$	м	30,66
Подбор подпиточного насоса				
1	Производительность подпиточного насоса	$L_{пн}=0,005 \cdot Q \cdot 80$	м ³ /ч	3,653
2	Напор подпиточного насоса	$H_{пн}$	м	25

Подбор насосов осуществляем в программе «Wilo-select» при помощи [16].
Технические характеристики сетевого и подпиточного насосов представлены в приложениях Б и В соответственно.

10 Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов

10.1 Обоснование конструкции теплоизоляции

Для тепловых сетей следует, как правило, принимать теплоизоляционные материалы и конструкции, проверенные практикой эксплуатации. Новые материалы и конструкции допускаются к применению при положительных результатах независимых испытаний, проведенных специализированными лабораториями.

Материалы тепловой изоляции и покровного слоя теплопроводов должны отвечать требованиям норм пожарной безопасности и выбираться в зависимости от конкретных условий и способов прокладки.

Выбор толщины теплоизоляции следует производить по [3] на заданные параметры с учетом климатологических данных пункта строительства (таблица 1), стоимости теплоизоляционной конструкции и теплоты.

В бакалаврской работе для тепловой изоляции труб принимаем твердый пенополиуретан в виде «скорлупы».

10.2 Расчет толщины тепловой изоляции

Алгоритм расчета толщины тепловой изоляции представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет толщины тепловой изоляции

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Наружный диаметр	D_n	мм	273
				219
				193,7
				180
				159
				140
				114
				102
				95
				83
				70
2	Внутренний диаметр	$D_{вн}$	мм	261
				209
				185
				170
				151
				132

Продолжение таблицы 16

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
				107
				95
				89
				77
				64
3	Годовая температура наружного воздуха	t_e	°C	-1,6 [5]
4	Средняя температура теплоносителя за год	t_w	°C	90 [3]
5	Материал для изоляции-пенополиуретан	λ_k	Вт/м ² ·°C	0,041 [3]
6	Нормированная линейная плотность теплового потока	q_l	Вт/м	
		при $D_{вн}=261$		52
		209		50
		185		49
		170		45
		151		42
		132		40
		107		34
		95		30
		89		26
		77		24
		64		23
7	Коэффициент, учитывающий изменение стоимости теплоты в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода	K_1		0,98
8	Теплопроводность материала стенки (сталь)	λ_{τ}	Вт/м ² ·°C	68
9	Коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности изоляции	α_e	Вт/м ² ·°C	8
10	Общее сопротивление теплопередачи на один метр длины теплоизолированной конструкции цилиндрическим объектом диаметром менее 2 метров	$r_{tot}=(t_w-t_e)/(q_l \cdot K_1)$	м ² ·°C/Вт	
		при $D_{вн}=261$		1,797
		209		1,869
		185		1,908
		170		2,077
		151		2,225
		132		2,337
		107		2,749
		95		3,116
		89		3,595
		77		3,895
		64		4,064
11	Термическое сопротивление стенки трубопровода	$r_m=(\ln(D_{н}/D_{вн}))/ (2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\tau})$	м ² ·°C/Вт	
		при $D_{вн}=261$		0,000105
		209		0,000109

Окончание таблицы 16

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
		185		0,000108
		170		0,000134
		151		0,000121
		132		0,000138
		107		0,000148
		95		0,000166
		89		0,000153
		77		0,000176
		64		0,000210
12	Отношение диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолированной конструкции	$B = \exp(2 \cdot \pi \cdot \lambda_k \cdot [r_{\text{tot}} - r_m - (1/(\alpha_c \cdot \pi \cdot (D_n + 0,1))])$		
		при $D_{\text{вн}} = 0,261$		1,588
		0,209		1,618
		0,185		1,634
		0,170		1,707
		0,151		1,773
		0,132		1,825
		0,107		2,029
		0,95		2,230
		0,89		2,523
		0,77		2,725
		0,64		2,847
14	Расчетная толщина теплоизоляционного слоя	$\delta_k = (D_n/2) \cdot (B-1)$	м	
		при $D_n = 0,273$		0,080
		0,219		0,068
		0,194		0,061
		0,180		0,064
		0,159		0,061
		0,140		0,058
		0,114		0,059
		0,102		0,063
		0,95		0,072
		0,83		0,072
		0,70		0,065
14	Фактически принимаемая толщина теплоизоляционного слоя (с учетом мероприятий по энергосбережению)	δ_k	м	
		при $D_n = 0,273$		0,080
		0,219		0,070
		0,194		0,070
		0,180		0,070
		0,159		0,070
		0,140		0,060
		0,114		0,060
		0,102		0,070
		0,95		0,080
		0,83		0,080
		0,70		0,070

11 Расчет трубопроводов на прочность и компенсацию температурных удлинений

11.1 Расчет Г-образного участка на самокомпенсацию

Г-образными компенсаторами называют естественные углы поворотов трубопровода, используемые для компенсации тепловых удлинений труб.

Использование поворотов трассы (самокомпенсация) применяется для всех способов прокладки тепловых сетей, независимо от диаметров трубопровода и параметров теплоносителя.

Расчёт Г-образного компенсатора заключается в определении длины короткого плеча, необходимого для компенсации тепловых удлинений длинного плеча компенсатора, при котором не будет превышено максимальное допустимое изгибающее напряжение.

Рекомендуется задаваться максимальным напряжением на участках самокомпенсации не более 70 МПа.

Полученные в результате расчёта длины плеч, следует проверить на боковое смещение трубопровода, которое должно быть не более величины зазора (с учётом запаса около 50мм) между наружной поверхностью изоляционной конструкции и строительной конструкцией.

Для компенсации тепловых удлинений труб используют повороты трубопровода с углом от 90 до 130°.

Г-образный участок трубопровода с углом поворота 90° схематично представлен на рисунке 11.

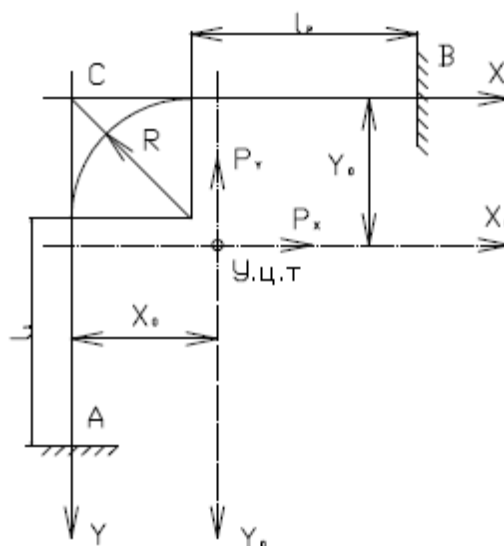


Рисунок 11 - Г-образный участок трубопровода с углом поворота 90° (с учетом гибкости отвода)

Алгоритм расчета Г-образного компенсатора сведен в таблицу 17.

Таблица 17 – Алгоритм расчета Г-образного компенсатора

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Модуль упругости трубной стали	E	кгс/см ²	$1,965 \cdot 10^6$
2	Наружный диаметр трубы	D_n	мм	-
3	Толщина стенки трубы	s	мм	-
4	Коэффициент линейного расширения трубной стали	α	мм/м·°C	$1,228 \cdot 10^{-2}$
5	Длина линии участка трубопровода от точки А до начала изгиба	l_1	м	-
6	Длина линии участка трубопровода от точки В до начала изгиба	l_2	м	-
7	Радиус оси отвода	$R=D_n \cdot 3$	м	-
8	Расчетная разность температур стенки трубы в данный момент при монтаже (обычно принимают как разность расчетной температуры воды в подаче и минус 20)	Δt	°C	110
9	Экваториальный момент инерции поперечного сечения стенки трубы	$I=\pi \cdot (D_n^4 - D_{вн}^4)/64$	м ⁴	[10]
10	Экваториальный момент сопротивления трубы	$W=(\pi \cdot (D_n^4 - D_{вн}^4)/32)/D_n$	м ⁴	[10]
11	Средний радиус трубы	$r_{cp}=(D_n-s)/2$	м	-
12	Геометрическая характеристика отвода	$h=s \cdot R/r_{cp}^2$	м	-
13	Коэффициент жесткости гнутых гладких отводов при $h \leq 1$ (по формуле Кларка и Рейснера)	$k=1,65/h$	-	-
14	Поправочный коэффициент напряжения для гнутых гладких труб (если $m < 1$, то принимают $m=1$)	$m=0,9/h^{2/3}$	-	-
15	Расчетные тепловые удлинения вдоль оси х	$\Delta x=\alpha \cdot \Delta t \cdot (l_2+R)$	мм	-
16	Расчетные тепловые удлинения вдоль оси у	$\Delta y=-\alpha \cdot \Delta t \cdot (l_1+R)$	мм	-
17	Приведенная длина осевой линии участка трубопровода	$L_{np}=l_1+l_2+1,57 \cdot R \cdot k$	мм	-
18	Координаты упругого центра тяжести x_0	$x_0=(l_2 \cdot (0,5 \cdot l_2+R)+0,57 \cdot R^2 \cdot k)/L_{np}$	мм	-
19	Координаты упругого центра тяжести y_0	$y_0=(l_1 \cdot (0,5 \cdot l_1+R)+0,57 \cdot R^2 \cdot k)/L_{np}$	мм	-
20	Центральные моменты инерции относительно оси y_0	$I_{y0}=l_1 \cdot ((l_1^2/3)+l_1 \cdot R+R^2)+0,355 \cdot R^3 \cdot k \cdot L_{np} \cdot y_0^2$	м ³	-
21	Центральные моменты инерции относительно оси x_0	$I_{x0}=l_2 \cdot ((l_2^2/3)+l_2 \cdot R+R^2)+0,355 \cdot R^3 \cdot k \cdot L_{np} \cdot x_0^2$	м ³	-
22	Центральные моменты инерции относительно оси x_{y0}	$I_{xy0}=0,72 \cdot R^3 \cdot k \cdot L_{np} \cdot x_0^2$	м ³	-
23	Силы упругой деформации P_x	$P_x=(\Delta x \cdot I_{y0}+\Delta y \cdot I_{xy0})/(I_{x0} \cdot I_{y0}-I_{xy0}^2) \cdot E \cdot I \cdot 10^{-7}$	кгс	-

Окончание таблицы 17

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
24	Силы упругой деформации P_y	$P_y = (\Delta y \cdot I_{x0} + \Delta x \cdot I_{xy0}) / (I_{x0} \cdot I_{y0} - I_{xy0}^2) \cdot E \cdot I \cdot 10^{-7}$	кгс	-
25	Максимальный изгибающий момент на прямом отрезке при $l_1 \ll l_2$ в точке А	$M = (l_1 + R - y_0) \cdot P_x + x_0 \cdot P_y$	кгс·м	-
26	Максимальный изгибающий момент на прямом отрезке при $l_1 \gg l_2$ в точке А	$M = -(l_2 + R - x_0) \cdot P_y + y_0 \cdot P_x$	кгс·м	-
27	Максимальный изгибающий момент на гнутом отрезке в точке С (середина дуги)	$M = -(y_0 + 0,293 \cdot R) \cdot P_x + (x_0 - 0,293 \cdot R) \cdot P_y$	кгс·м	-
28	Изгибающие компенсационные напряжения	$\sigma_u^k = M/W$	кгс/м ²	-

Результаты расчетов занесены в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет Г-образных компенсаторов

УП2	УП1	Наименование угла поворота
1,965·10 ⁶	1,965·10 ⁶	Модуль упругости, E, кгс/см ²
76	76	Наружный диаметр трубы, мм
3	3	Толщина стенки трубы, мм
1,223·10 ⁻²	1,223·10 ⁻²	Коэффициент линейного расширения
41	51	Длина линии участка трубопровода от точки
51	41	Длина линии участка трубопровода от точки
228	228	Радиус отвода, мм
110	110	Расчетная разность температур стенки трубы
46·10 ⁸	46·10 ⁸	Экваториальный момент инерции I
121·10 ⁵	121·10 ⁵	Экваториальный момент сопротивления
35	35	Средний радиус трубы
0,561	0,561	Геометрическая характеристика отвода, h
2,939	2,939	Коэффициент жесткости, k
1,323	1,323	Коэффициент напряжения, m
352,56	339,05	Расчетное тепловое удлинение вдоль оси X,
-339,05	-352,56	Расчетное тепловое удлинение вдоль оси Y,
1061,06	1061,06	Приведенная длина осевой линии участка
80,95	78,54	Координаты упругого центра тяжести, X ₀
78,54	80,95	Координаты упругого центра тяжести, Y ₀
5302367	5549519	Центральные моменты инерции относительно
5549519	5302367	Центральные моменты инерции относительно
12645355	13053647	Центральные моменты инерции относительно
16751	17444	Силы упругой деформации, P _x
-17850	-16392	Силы упругой деформации, P _y
1443932	1853456	Максимальный изгибающий момент на
4529446	4239079	Максимальный изгибающий момент на
-631559	-617572	Максимальный изгибающий момент на
0,119333	0,153178	Изгибающие компенсационные напряжения
0,374334	0,350337	Изгибающие компенсационные напряжения
-0,052194966	0,051039	Изгибающие компенсационные напряжения
0,374334	0,350337	Максимальный
7,14	7,14	Допустимый

Окончание таблицы 18

УП5	УП4	УП3	Наименование угла поворота
1,965·10 ⁶	1,965·10 ⁶	1,965·10 ⁶	Модуль упругости, E, кгс/см ²
76	118	76	Наружный диаметр трубы, мм
3	9	3	Толщина стенки трубы, мм
1,223·10 ⁻²	1,223·10 ⁻²	1,223·10 ⁻²	Коэффициент линейного расширения трубной
18	59	140	Длина линии участка трубопровода от точки А
7	16	14	Длина линии участка трубопровода от точки В
228	354	228	Радиус отвода, мм
110	110	110	Расчетная разность температур стенки трубы в
46·10 ⁸	81·10 ⁸	46·10 ⁸	Экваториальный момент инерции I
121·10 ⁵	181·10 ⁵	121·10 ⁵	Экваториальный момент сопротивления
35	50	35	Средний радиус трубы
0,561	1,27	0,561	Геометрическая характеристика отвода, h
2,939	1,29	2,939	Коэффициент жесткости, k
1,323	0,77	1,323	Коэффициент напряжения, m
293,12	406,59	302,58	Расчетное тепловое удлинение вдоль оси X,
-307,98	-464,68	-472,78	Расчетное тепловое удлинение вдоль оси Y,
994,06	1780,53	1123,06	Приведенная длина осевой линии участка
75,83	101,75	68,49	Координаты упругого центра тяжести, X ₀
78,29	109,53	100,69	Координаты упругого центра тяжести, Y ₀
4433989	15814502	9481253	Центральные моменты инерции относительно оси
4266513	14265534	5054106	Центральные моменты инерции относительно оси
13882772	45097989	14329994	Центральные моменты инерции относительно оси
15476	12707	22427	Силы упругой деформации, P _x
-14329	-10242	-11176	Силы упругой деформации, P _y
1230386	1937340	4825856	Максимальный изгибающий момент на прямом
3234470	3432575	3996196	Максимальный изгибающий момент на прямом
-464257	-517577	-956192	Максимальный изгибающий момент на гнутом
0,101684	0,107035	0,398831	Изгибающие компенсационные напряжения
0,267311	0,189645	0,330264	Изгибающие компенсационные напряжения B/W
-0,038363	-0,028552	-0,070173	Изгибающие компенсационные напряжения C/W
0,267311	0,189645	0,398831	Максимальный
7,14	7,14	7,14	Допустимый

11.2 Расчет размеров П-образного компенсатора

Расчёт П-образного компенсатора заключается в определении минимальных размеров компенсатора, достаточных для компенсации температурных деформаций трубопровода.

Максимальное напряжение в спинке компенсатора рекомендуется принимать 70 МПа.

Участки трубопровода от неподвижных опор до П-образного компенсатора рекомендуется принимать одинаковой длины. Если компенсатор располагают не посередине участка, а смещают в сторону одной из неподвижных опор, то силы упругой деформации и напряжения увеличиваются примерно на 20-40%, по отношению к значениям, полученным для компенсатора, расположенного посередине.

П-образные компенсаторы применяют для компенсации температурных удлинений труб на протяженных прямых участках, если возможности самокомпенсации трубопровода за счет поворотов тепловой сети — нет. Отсутствие компенсаторов на жестко закрепленных трубопроводах с переменной температурой рабочей среды, приведет к росту напряжений способных деформировать и разрушить трубопровод.

Расчет П-образных компенсаторов внесен в таблицу 19. П-образный компенсатор схематично представлен на рисунке 12.

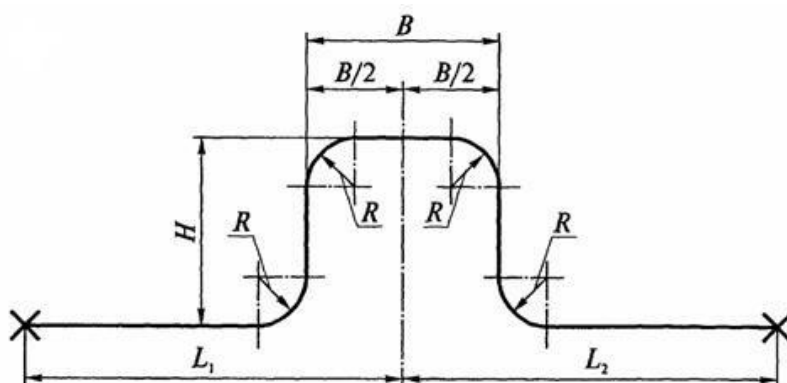


Рисунок 12 – Схема П-образного компенсатора

Таблица 19 – Алгоритм расчета П-образного компенсатора

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Расчетная температура теплоносителя в подающей линии	t_1	°C	130
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_2	°C	-1,6
3	Длина расчетного участка между неподвижными опорами	$L_{н.о.}$	м	-
4	Коэффициент температурного удлинения стали	α	1/°C	$12 \cdot 10^{-6}$

Окончание таблицы 19

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
5	Температурное удлинение расчетного участка	$\Delta l = \alpha \cdot L_{н.о.} \cdot (\tau_1 - \tau_2)$	м	-
6	Коэффициент учитывающий релаксацию напряжений и предварительную растяжку компенсаторов	Ξ	-	0,50
7	Расчетное тепловое удлинение трубопровода	$\Delta x = \Xi \cdot \Delta l$	м	-
8	Наружный диаметр	D_n	м	-
9	Внутренний диаметр	$D_{вн}$	м	-
10	Толщина стенки трубы	$\delta_{ст}$	м	-
11	Радиус изгиба отвода	$R = D_n \cdot 3$	м	-
12	Отношение длины спинки компенсатора В к его вылету Н	$n_1 = B/H$	-	1
13	Допустимое напряжение	$\sigma_{доп}$	МПа	70
14	Модуль инерции	$I = \pi \cdot (D_n^4 - D_{вн}^4) / 64$	м ⁴	-
15	Модуль упругости первого рода	E	МПа	$19,62 \cdot 10^4$
16	Приближенная величина вылета компенсатора	$H = 0,82 \cdot ((1,5 \cdot \Delta x \cdot E \cdot D_n) / ((3 \cdot n_1 + 2) \cdot \sigma_{доп}))^{1/2}$	м	-
17	Средний радиус трубы	$r_{cp} = (D_n - \delta_{ст}) / 2$	м	-
18	Геометрическая характеристика отвода	$h = \delta_{ст} \cdot R / r_{cp}^2$	м	-
19	Коэффициент понижения жесткости гладкого отвода т.к. $h \leq 1$ используем формулу Кларка и Рейснера	$k = 1,65/h$	-	-
20	Поправочный коэффициент напряжения для гнутых отводов	$m = 0,9/h^{2/3}$	-	-
21	Коэффициент	$A = (1/k) \cdot (\pi \cdot R \cdot H^2 - 2,28 \cdot R \cdot H + 1,4 \cdot R^3) + 0,667 \cdot H^3 + B \cdot H^3 - 4 \cdot R \cdot H^2 + 2 \cdot R^2 \cdot H - 1,33 \cdot R^3$	-	-
22	Напряжение в спинке компенсатора	$\sigma = (\Delta x \cdot E \cdot D_n \cdot H \cdot m) / 2 \cdot A$	МПа	-

Результаты расчета занесены в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчет П-образных компенсаторов

К5	К4	К3	К2	К1	Наименование компенсатора
130	130	130	130	130	Расчетная температура теплоносителя в подающей линии, °С
-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	Расчетная температура наружного воздуха, °С
44	59	44	34	56	Длина расчетного участка между неподвижными опорами, м
$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	Коэффициент температурного удлинения
0,069	0,093	0,069	0,054	0,088	Температурное удлинение расчетного участка, м
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Коэффициент учитывающий релаксацию напряжений и предварительную растяжку компенсаторов
0,035	0,047	0,035	0,027	0,044	Расчетное тепловое удлинение трубопровода, м
0,089	0,194	0,076	0,089	0,076	Наружный диаметр, м
0,082	0,184	0,070	0,082	0,070	Внутренний диаметр, м
0,0035	0,005	0,003	0,0035	0,003	Толщина стенки трубы, м
0,267	0,582	0,228	0,267	0,228	Радиус изгиба отвода, м
1	1	1	1	1	Отношение длины спинки компенсатора В к его вылету Н
70	70	70	70	70	Допустимое напряжение, МПа
$0,386 \cdot 10^{-4}$	$0,417 \cdot 10^{-4}$	$0,227 \cdot 10^{-4}$	$0,386 \cdot 10^{-4}$	$0,227 \cdot 10^{-4}$	Модуль инерции, м ⁴
$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	Модуль упругости первого рода, МПа
1,277	2,046	1,173	1,122	1,323	Приближенная величина вылета компенсатора, м
0,04	0,07725	0,0335	0,04	0,0335	Средний радиус трубы, м
0,467	0,360	0,561	0,467	0,561	Геометрическая характеристика отвода, м
0,079	0,102	0,065	0,079	0,065	Коэффициент понижения жесткости гладкого отвода т.к. $h \leq 1$ используем формулу Кларка и Рейснера
1,495	1,779	1,323	1,495	1,323	Поправочный коэффициент напряжения для гнутых отводов
16,19	59,69	13,90	12,02	18,32	Коэффициент
33,361	44,331	26,621	30,531	28,994	Напряжение в спинке компенсатора, МПа

Продолжение таблицы 20

К10	К9	К8	К7	К6	Наименование компенсатора
130	130	130	130	130	Расчетная температура теплоносителя в подающей линии, °С
-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	Расчетная температура наружного воздуха, °С
60	60	86	35	55	Длина расчетного участка между неподвижными опорами, м
$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	Коэффициент температурного удлинения
0,095	0,095	0,136	0,055	0,087	Температурное удлинение расчетного участка, м
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Коэффициент учитывающий релаксацию напряжений и предварительную растяжку компенсаторов
0,047	0,047	0,068	0,028	0,043	Расчетное тепловое удлинение трубопровода, м
0,076	0,076	0,219	0,273	0,194	Наружный диаметр, м
0,070	0,070	0,207	0,259	0,184	Внутренний диаметр, м
0,003	0,003	0,006	0,007	0,005	Толщина стенки трубы, м
0,228	0,228	0,657	0,819	0,582	Радиус изгиба отвода, м
1	1	1	1	1	Отношение длины спинки компенсатора В к его вылету Н
70	70	70	70	70	Допустимое напряжение, МПа
$0,227 \cdot 10^{-4}$	$0,227 \cdot 10^{-4}$	$0,123 \cdot 10^{-4}$	$0,287 \cdot 10^{-4}$	$0,674 \cdot 10^{-4}$	Модуль инерции, м ⁴
$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	Модуль упругости первого рода, МПа
1,369	1,369	2,900	2,065	2,102	Приближенная величина вылета компенсатора, м
0,0335	0,0335	0,107	0,1335	0,0875	Средний радиус трубы, м
0,561	0,561	0,287	0,276	0,353	Геометрическая характеристика отвода, м
0,065	0,065	0,128	0,133	0,104	Коэффициент понижения жесткости гладкого отвода т.к. $h \leq 1$ используем формулу Кларка и Рейснера
1,323	1,323	2,069	2,125	1,803	Поправочный коэффициент напряжения для гнутых отводов
19,83	19,83	137,17	67,27	67,71	Коэффициент
29,707	29,707	63,801	48,276	42,931	Напряжение в спинке компенсатора, МПа

Окончание таблицы 20

К13	К12	К11	Наименование компенсатора
130	130	130	Расчетная температура теплоносителя в подающей линии, °С
-1,6	-1,6	-1,6	Расчетная температура наружного воздуха, °С
66	47	65	Длина расчетного участка между неподвижными опорами, м
$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	Коэффициент температурного удлинения стали
0,104	0,074	0,103	Температурное удлинение расчетного участка, м
0,5	0,5	0,5	Коэффициент учитывающий релаксацию напряжений и предварительную растяжку компенсаторов
0,052	0,037	0,051	Расчетное тепловое удлинение трубопровода, м
0,194	0,108	0,194	Наружный диаметр, м
0,184	0,100	0,184	Внутренний диаметр, м
0,005	0,004	0,005	Толщина стенки трубы, м
0,582	0,324	0,582	Радиус изгиба отвода, м
1	1	1	Отношение длины спинки компенсатора В к его вылету Н
70	70	70	Допустимое напряжение, МПа
$0,374 \cdot 10^{-4}$	$0,732 \cdot 10^{-4}$	$0,769 \cdot 10^{-4}$	Модуль инерции, м ⁴
$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$	Модуль упругости первого рода, МПа
2,164	1,463	2,373	Приближенная величина вылета компенсатора, м
0,0775	0,0495	0,09475	Средний радиус трубы, м
0,318	0,375	0,292	Геометрическая характеристика отвода, м
0,115	0,098	0,126	Коэффициент понижения жесткости гладкого отвода т.к. $h \leq 1$ используем формулу Кларка и Рейснера
1,933	1,732	2,046	Поправочный коэффициент напряжения для гнутых отводов
61,18	21,07	79,97	Коэффициент
55,590	44,661	59,296	Напряжение в спинке компенсатора, МПа

11.3 Расчет и подбор сильфонного компенсатора

Компенсатор сильфонный неразгруженный предназначен для компенсации температурного удлинения прямолинейных участков водяных тепловых сетей с температурой теплоносителя до 200°C, а также на трубопроводах насосных, водонагревательных установок, тепловых пунктов потребительских и других сооружений тепловых сетей.

Способен работать в самых жестких условиях с температурами рабочих сред от - 240 до 1000°C и воспринимать рабочие давления от Вакуума до 100 атм, в зависимости от конструкции и условий работы. Подбор сильфонных компенсаторов произведен в соответствии с [13, с. 363]

Расчет сильфонных компенсаторов занесен в таблицу 21.

Таблица 21 – Расчет сильфонных компенсаторов

Наименование участка	$D_n \cdot \delta_{ст},$ мм	Коэффициент т линейного расширения	Длина участка компенсации , м	$t_{max}, ^\circ C$	$t_{min}, ^\circ C$	$\Delta L,$ мм	Выбранный компенсатор
УТ5-УТ2	108х4	0,01228	15	130	-1,6	24	2СКУ-16-50-140
УТ5-А61	76х3	0,01228	15	130	-1,6	24	2СКУ-16-50-140
УТ2-УТ12	133х4	0,01228	16	130	-1,6	25	2СКУ-16-50-140
УТ2-УТ3	159х4,5	0,01228	12	130	-1,6	19	2СКУ-16-50-140
УТ6-УТ7	133х4	0,01228	36	130	-1,6	45	2СКУ-16-50-140
УТ9-УТ11	133х4	0,01228	12	130	-1,6	19	2СКУ-16-125-180
УТ9-УТ10	133х4	0,01228	15	130	-1,6	24	2СКУ-16-200-280
УТ10-А67	89х3,5	0,01228	22	130	-1,6	30	2СКУ-16-50-140

12 Расчет и подбор опор трубопроводов

12.1 Расстановка неподвижных опор

Неподвижные опоры фиксируют отдельные точки трубопровода, делят его на независимые в отношении температурных удлинений участки и воспринимают усилия, возникающие в трубопроводе при различных схемах и способах компенсации тепловых удлинений.

Неподвижные опоры предусматривают на трубопроводах при всех способах прокладки тепловых сетей.

Места установки неподвижных опор совмещают, как правило, с узлами ответвлений труб, местами установки на трубопроводах запорной арматуры, сальниковых компенсаторов и другого оборудования.

Расстояния между неподвижными опорами определяют расчетом труб на прочность и компенсирующей способностью сальниковых компенсаторов. Расчет согласно [11].

Важнейшим условием сохранения целостности и надежности работы трубопроводов – полная компенсация температурных деформаций. Если естественные компенсаторы теплотрассы и известные методы строительства теплотрасс не обеспечивают уровень напряжений в пределах допустимых, то необходимо устанавливать дополнительные компенсаторы.

12.2 Расчет усилий, действующих на неподвижную опору

Усилия, воспринимаемые неподвижными опорами, складываются из неуравновешенных сил внутреннего давления, сил трения в сальниковых компенсаторах в подвижных опорах, сил упругой деформации П-образных компенсаторов и самокомпенсации.

Расчет усилий, действующих на неподвижную опору Н12 показан в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет усилий, действующих на неподвижную опору Н12

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер-ность	Результат, вывод, источник
1	Расчетная температура теплоносителя в подающей линии	t_1	°C	130
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_2	°C	-1,6
3	Длина участка, для которого рассчитывается температурное удлинение	L	м	38

Продолжение таблицы 22

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размер- ность	Результат, вывод, источник
4	Коэффициент температурного удлинения стали	α	1/°C	$12 \cdot 10^{-6}$
5	Полное удлинение расчетного участка	$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot (\tau_1 - \tau_2)$	м	0,06
6	Коэффициент, учитывающий релаксацию напряжений и предварительную растяжку компенсаторов	Ξ	-	0,50
7	Расчетное удлинение участка	$\Delta x = \Xi \cdot \Delta l$	м	0,03
8	Модуль упругости первого рода	E	Па	$19,62 \cdot 10^{10}$
9	Наружный диаметр	D_n	м	0,273
10	Внутренний диаметр	$D_{вн}$	м	0,259
11	Толщина стенки трубы	$\delta_{ст}$	м	0,007
12	Момент инерции	$I = \pi \cdot (D_n^4 - D_{вн}^4) / 64$	м ⁴	0,0000448
13	Расстояние от центра компенсатора до неподвижной опоры	L_1	м	16
14	Расстояние от неподвижной опоры до угла поворота	L_2	м	3
15	Вес одного погонного метра трубы с водой и изоляцией	q_1	Н/м	503
16	Вес погонного метра трубы	q_2	Н/м	503
17	Допустимое напряжение	$\sigma_{доп}$	Па	$70 \cdot 10^6$
18	Вылет компенсатора	$H = 0,82 \cdot ((1,5 \cdot \Delta x \cdot E \cdot D_n) / ((3 \cdot n_1 + 2) \cdot \sigma_{доп}))^{1/2}$	м	2,152
19	Длина спинки компенсатора	$B = n_1 \cdot H$	м	2,152
20	Радиус изгиба компенсатора	$R = D_n \cdot 3$	м	0,819
21	Длина прямого участка компенсатора	$l_3 = B - 2 \cdot R$	м	0,514
22	Длины боковых сторон компенсатора	$l_2 = H - 2 \cdot R$	м	0,514
23	Длина прилегающих плеч по обе стороны компенсатора	$l_1 = l_5$	м	19
24	Средний радиус трубы	$r_{ср} = (D_n - \delta_{ст}) / 2$	м	0,134

Окончание таблицы 22

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
25	Геометрическая характеристика гибкости	$h = \delta_{ст} \cdot R / r_{ср}^2$	м	0,274
26	Коэффициент понижения жесткости гладкого отвода т.к. $h \leq 1$ используем формулу Кларка и Рейснера	$k = 1,65/h$	-	6,022
27	Приведенная длина осевой линии участка	$L_{пр} = l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3 + l_5 + 6,25 \cdot R \cdot k$	м	70,367
28	Горизонтальная координата упругого центра тяжести	x_0	-	0
29	Вертикальная координата упругого центра тяжести	$y_0 = ((l_2 + 2 \cdot R) \cdot (l_2 + l_3 + \pi \cdot R \cdot k)) / L_{пр}$		0,51
30	Интегральный момент инерции относительно оси ox	$I_{0x} = l_2^3 + (2 \cdot l_2 + 4 \cdot l_3) \cdot ((l_2/2) + R) + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot k \cdot ((l_2^2/2) + 1,635 \cdot l_2 + 1,5 \cdot R^2) - L_{пр} \cdot y_0^2$	м ³	28,851
31	Силы упругой деформации вдоль оси ox	$P_x = \Delta x \cdot E \cdot I / (I_{0x} \cdot 10^7)$	Н	0,0009
32	Силы упругой деформации компенсаторов	$P_x = P_y$	Н	0,0009
33	Коэффициент трения подвижной опоры	μ		0,35
34	Усилие на неподвижную опору: начало нагрева	$N^{(1)} = P_x + \mu \cdot q_1 \cdot L_2 + 0,7 \cdot \mu \cdot q_1 \cdot L_1$	Н	2499,911
35	в конце нагрева	$N^{(2)} = P_x + \mu \cdot q_2 \cdot L_2 - 0,7 \cdot (P_k - \mu \cdot q_1 \cdot L_1)$	Н	2499,910
36	начало охлаждения	$N^{(3)} = P_x + \mu \cdot q_1 \cdot L_1 - 0,7 \cdot (P_k - \mu \cdot q_2 \cdot L_2)$	Н	3186,505
37	конец охлаждения	$N^{(4)} = P_x + \mu \cdot q_1 \cdot L_1 + 0,7 \cdot \mu \cdot q_2 \cdot L_2$	Н	3286,506
38	Расчетная горизонтальная осевая нагрузка для подбора	N^{max} (принимается max-ую из $4x$)	Н	3286,506

12.3 Подбор неподвижных опор

Подбор неподвижных опор принят в соответствии с [11, с. 36]
 Параметры подобранных неподвижных опор внесены в таблицу 23.

Таблица 23 – Подбор неподвижных опор

Наружный диаметр трубы D_n , мм	Тип опоры	Номер МВН	Размеры, мм				Вес, кг	Наибольшая горизонтальная осевая нагрузка, т
			Н	h	a	b		
273	III	1322-01	436	305	80	100	4,92	7
219	II	1316-09	380	245	80	80	4,5	4,5
194	II	1322-01	430	305	80	100	4,5	4,5
159	II	1316-08	320	185	60	80	2,86	2,5
133	II	1316-07	296	155	50	60	2,13	1,5
108	II	1316-06	270	130	50	60	2,13	1
89	I	1316-03	210	70	30	51	0,98	1
70	I	1316-02	180	50	25	51	0,89	1

13 Расчет строительных конструкций тепловой сети

При расчете строительных конструкций тепловых сетей должны учитываться нагрузки, возникающие при их воздействии, эксплуатации и испытаниях трубопроводов.

13.1 Расчет непроходных каналов

Алгоритм расчета непроходных каналов сведен в таблицу 24.

Таблица 24 – Расчет непроходных каналов

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Наружный диаметр	D_n	мм	-
2	Толщина изоляции	δ_1	мм	-
3	Расстояние от края изоляции до края лотка по горизонтали	δ_2	мм	- [3]
4	Расстояние от края изоляции трубопровода Т1 до края изоляции трубопровода Т2	δ_3	мм	- [3]
5	Расстояние от края изоляции трубопровода до перекрытия	δ_4	мм	- [3]
6	Расстояние от края изоляции до канала	δ_5	мм	- [3]
7	Требуемая ширина канала	$A^{TP}=2 \cdot D_n + 4 \cdot \delta_1 + 2 \cdot \delta_2 + 1 \cdot \delta_3$	мм	-
8	Требуемая высота канала	$H^{TP}=1 \cdot D_n + 1 \cdot \delta_4 + 1 \cdot \delta_5 + 2 \cdot \delta_1$	мм	-
9	Тип канала	Непроходной		[11]

Подбор непроходных каналов сведен в таблицу 25.

Таблица 25 – Подбор непроходных каналов

Наименование участка	Наружный диаметр, D_n , мм	Толщина изоляции, мм	Расстояние от края изоляции до края лотка по горизонтали, мм	Расстояние от края изоляции трубопровода Т1 до края изоляции трубопровода Т2, мм	Расстояние от края изоляции трубопровода до перекрытия, мм	Расстояние от края изоляции и до канала, мм	Требуемая ширина канала, мм	Требуемая высота канала, мм	Тип канала
Магистраль									
ЦТП-Ут.1	273	80	100,00	160	70	150	1110	645	КЛс120-90
Ут.1-Ут.6	219	70	80,00	140	50	150	1046	573	КЛ120-60
Ут.6-Ут.8	194	70	80,00	140	50	150	1046	573	КЛ120-60
Ут.8-Ут.9	194	70	80,00	140	50	150	1046	573	КЛ120-60
Ут.9-Ут.11	133	60	80,00	140	50	150	978	539	КЛ120-60
Ут.11-Шк	118	80	80,00	140	50	150	898	499	КЛ90-60

13.2 Расчет тепловых камер

Расчет тепловых камер представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет размеров тепловых камер

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
1	Наружный диаметр	D_n	мм	273
				219
				194
				133
				118
2	Толщина изоляции	δ_1	мм	
		для $D_n=273$		80
		для $D_n=219$		70
		для $D_n=194$		70
		для $D_n=133$		60
		для $D_n=118$		80
3	Расстояние от поверхности теплоизоляционной конструкции трубопровода до поверхности теплоизоляционной конструкции смежного трубопровода	δ_2	мм	
		для $D_n=273$		160
		для $D_n=219$		140
		для $D_n=194$		140
		для $D_n=133$		140
		для $D_n=118$		140
4	Боковые проходы для обслуживания арматуры и сильфонных компенсаторов	L_1	мм	600
5	Расстояние от фланца задвижки на ответвлении до поверхности теплоизоляционной конструкции основных труб	L_2	мм	100
6	Длина задвижки	L_3	мм	
		для $D_n=273$		200
		для $D_n=219$		150
		для $D_n=194$		150
		для $D_n=133$		150
		для $D_n=118$		100
7	Расстояние от пола или перекрытия до поверхности теплоизоляционной конструкции трубопроводов	L_4	мм	400
8	Длина теплового пункта	$L_{\text{тп}}=2 \cdot D_n \cdot \delta_1 \cdot 2 + L_1 \cdot 2 + \delta_2 + L_2 + L_3$	мм	
		для $D_n=273$		2710
		для $D_n=219$		2100
		для $D_n=194$		1700
		для $D_n=133$		1400
		для $D_n=118$		1100
9	Ширина теплового пункта	$B_{\text{тп}}=2 \cdot D_n \cdot \delta_1 \cdot 2 + L_1 \cdot 2 + \delta_2$		
		для $D_n=273$		2210

Окончание таблицы 26

№ п/п	Величина	Формула, обозначение, действие	Размерность	Результат, вывод, источник
		для $D_n=219$		2020
		для $D_n=194$		1550
		для $D_n=133$		1290
		для $D_n=118$		1050
10	Высота теплового пункта	$H_{тп}=2 \cdot D_n \cdot \delta_1 + 2 \cdot L_4$	мм	
		для $D_n=273$		2200
		для $D_n=219$		1850
		для $D_n=194$		1600
		для $D_n=133$		1350
		для $D_n=118$		1115

14 Монтажно-сборочные работы

Современные строительные конструкции тепловых сетей - каналы, камеры, колодцы, неподвижные опоры - состоят из сборных ж/б деталей. Монтаж сборных ж/б конструкций производят с помощью кранов на автомобильном ходу. Выбор грузоподъемных механизмов определяется проектом производства работ. В местах, недоступных для работы подъемных кранов, монтаж производят при помощи лебедок и талей.

Сборные ж/б конструкции производятся на заводах ЖБИ. Завод-изготовитель обязан выдать паспорт на каждое поставленное изделие. Каждый элемент изделия должен иметь маркировку и клеймо ОТК завода-изготовителя.

Приемка изделий при наличии паспорта производится при разгрузке внешним осмотром. Проверяется каждое изделие.

Следует проверять: отсутствие деформаций, повреждений, сколов, соответствие проектным размерам, правильность размеров и расположения борозд, углублений, отверстий, закладных деталей, выпусков арматуры, монтажных петель, отсутствие раковин, трещин, наплывов. Обнаруженный брак фиксируется в акте, составляемом в присутствии представителя завода-изготовителя и генерального подрядчика.

До начала монтажных работ следует тщательно проверить трубы, подлежащие монтажу, их соответствие проектным размерам (диаметр, толщина стенки, марка). Внешним осмотром проверяется состояние концов труб. В случае применения труб с некалиброванными концами или небольшими вмятинами на концах их следует выправить в холодном состоянии с помощью распорных приспособлений или в горячем состоянии с подогревом ацетилено-кислородным или пропан-кислородным пламенем.

Трубы собираются и свариваются в звенья по 40 м у бровки траншеи. Сборка электросварных прямошовных труб производится так, чтобы продольные швы располагались сверху для удобства осмотра их гидравлическим испытанием со смещением продольных швов одной трубы относительно другой.

Подвижные опоры под трубами устанавливаются по расчету, при этом они не должны находиться под сварным стыком или ближе 100мм от него.

К числу монтажно-сборочных работ на строительной площадке относятся следующие технологические операции: подготовка концов труб, их стыковка и прихватка; монтаж в камерах и колодцах укрупненных узлов трубопроводов; установка каркасов, кронштейнов, металлоконструкций неподвижных опор; приварка к трубам подвижных и неподвижных опор; установка компенсаторов, штуцеров, конденсатосборников, гидрозатворов, тройников; установка арматуры со сбалчиванием фланцевых соединений; монтаж неподвижных опор, растяжка компенсаторов, установка заглушек; монтаж присоединений для продувки, промывки и испытания трубопроводов; установка контрольно-измерительной аппаратуры; испытание трубопроводов на прочность и герметичность.

15 Теплоизоляционные работы

Тепловая изоляция наносится после покрытия трубопроводов антикоррозионными материалами. До нанесения тепловой изоляции трубы на трассе должны быть уложены на постоянные опоры, а стыки на всем изолируемом участке трубопровода должны быть сварены и проверены. Тепловая изоляция стыков может производиться только после гидравлического испытания. На трубопроводы наносят тепловую изоляцию в тех случаях, когда транспортируемый по ним продукт имеет температуру, отличающуюся от температуры окружающей среды.

Антикоррозийное покрытие наносится в трубозаготовительных мастерских, за исключением концов труб. Покрытие наносится после просушки труб, их очистки и обезжиривания. Наружные поверхности труб очищают машиной, снабженной металлическими щетками. После очистки труб производят их обдувку сжатым воздухом из компрессора для удаления продуктов коррозии. Обезжиривание проводят на вращающейся трубе с помощью волосяной щетки или ветоши, смоченной в уайт-спирите. Во время нанесения антикоррозионного покрытия оба конца трубы для производства сварочных работ оставляют нетронутыми на 300 мм. Эту поверхность изолируют непосредственно на трассе после сварки стыка и проведения гидравлических испытаний. Общая толщина антикоррозийного покрытия принимается равной 5-6 мм.

Антикоррозийное покрытие стыков стальных труб производят на трассе строительства тепловых сетей после сварки труб. Поверхность стыков очищают металлическими щетками от грязи, окалины и ржавчины, насухо протирают, наносят антикоррозийное покрытие

16 Тепловая изоляция

Необходимо постоянно следить за состоянием тепловой изоляции трубопроводов, проложенных в подземных непроходных каналах и восстанавливать нарушенные защитные слои тепловой изоляции.

Расчет толщины тепловой изоляции ведется в соответствии [4], полученные данные занесены в таблицу 16.

В бакалаврской работе для тепловой изоляции труб принимаем твердый пенополиуретан в виде «скорлупы».

На рисунке 16 представлены скорлупы ППУ. Структура труб ППУ с полиэтиленовым защитным слоем и с оцинкованным защитным слоем представлена на рисунке 17.

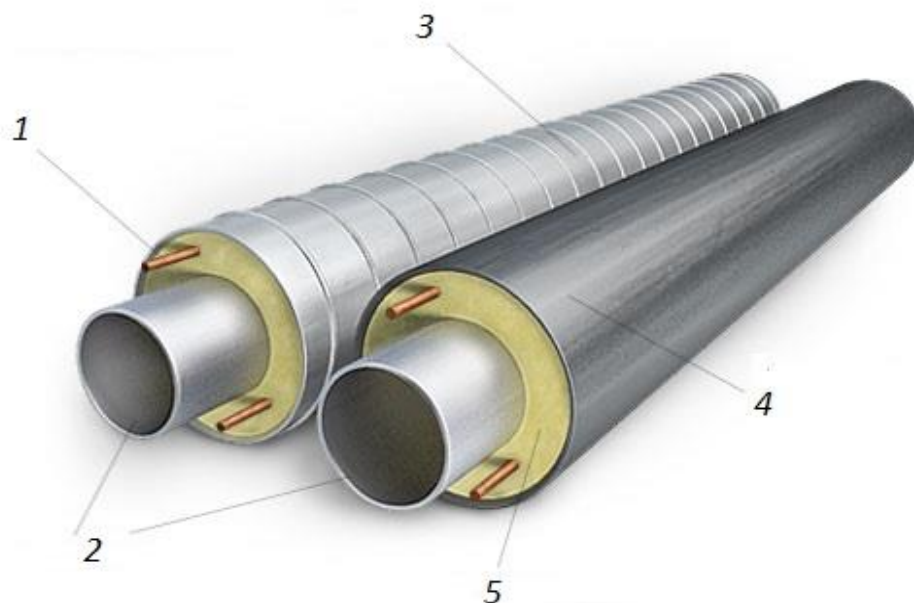
Достоинства использования тепловой изоляции из пенополиуретана очевидны:

- мелкоячеистая структура делает теплоизоляцию труб наиболее эффективной;
 - экологически чистая теплоизоляция труб прослужит долгое время без потерь своих теплотехнических характеристик;
 - высокая технологичность теплоизоляции труб позволяет производить ее быстро, без применения дополнительного оборудования и специальных инструментов;
 - наружная поверхность теплоизоляции покрыта алюминиевой фольгой.
- Изолируемый трубопровод выглядит эстетично и радует глаз.

В качестве изоляции труб используют и другие виды материала, такие как минераловатные цилиндры, минераловатные или стекловатные маты.



Рисунок 16 - Скорлупы ППУ



1-Сигнальный провод системы оперативного дистанционного контроля (ОДК); 2-Стальная труба; 3-Защитная оболочка из оцинкованной стали; 4-Защитная оболочка из полиэтилена;
5-Изоляция из пенополиуретана

Рисунок 17 – Структура труб ППУ с полиэтиленовым защитным слоем и с оцинкованным защитным слоем

17 Гидроизоляционные работы

По основному назначению гидроизоляцию подразделяют на поверхностную (покрытия), уплотняющую (швы, стыки), наружную и внутреннюю, работающую на прижим и отрыв, комбинированную, горизонтальную и вертикальную. Гидроизоляционные материалы должны иметь повышенную водостойчивость и водонепроницаемость при длительном воздействии воды и влажной среды. К таким материалам относятся нефтяные, каменноугольные и дегтебитумные мастики, рулонные материалы.

Оклеечная гидроизоляция представляет собой сплошной водонепроницаемый ковер, выполненный путем наклейки на изолируемую поверхность нескольких слоев рулонных материалов – гидроизола, изола, бризола, фольгоизола и др. Для наклейки применяют битумные, резинобитумные мастики, битумно-полимерные составы.

Битумные мастики и битумы применяют в горячем виде. Поверхность изолирующих конструкций до нанесения грунтовки должна быть высушена и прогрета до температуры не ниже 5-10°C. Сначала на изолируемую поверхность наносят механизированным способом или вручную мастику, а затем раскатывают рулонный материал, выравнивая его от середины к краям. Для предохранения от оползания гидроизоляционный ковер усиливают устройством

защитной стенки или горизонтального паза по периметру изолируемого сооружения.

При устройстве гидроизоляции каналов и камер, рулонные материалы оклеечной гидроизоляции наклеивают на высоту, превышающую уровень грунтовых вод на 0,5 м. При оклеечной гидроизоляции стены каналов и деформационные швы закладывают изолирующими прокладками и заливают их тугоплавким битумом, а с внешней стороны под компенсаторами деформационных швов, оклеечную изоляцию усиливают дополнительным слоем рулонного материала или стеклотканью.

18 Гидравлические испытания

Гидравлические испытания трубопроводов тепловых сетей производится неподогретой водой с пробным давлением, равным 1,25 рабочего давления, но не менее 1,5 МПа для подающего трубопровода и не менее 1,2 МПа для обратного. Абонентские узлы водяных сетей (от регулировочных задвижек перед элеватором до задвижек, отключающих местные системы) подвергаются гидравлическому испытанию с полуторакратным давлением по пьезометрам перед абонентским вводом, но не менее 1,0 МПа. Рабочее давление принимается равным давлению теплоносителя в трубах на подающем коллекторе ТЭЦ.

Гидравлическое испытание трубопроводов тепловых сетей, уложенных в траншеях в непроходных каналах, производится в два приема: предварительное и окончательное. Предварительное гидравлическое испытание трубопроводов производится на участках длиной не более 1 км.

Как предварительное, так и окончательное испытание производится после установки на место и приварки подвижных опор, надежного закрепления неподвижных опор, но до наложения на трубы тепловой изоляции. Если задвижки были установлены на трубы до гидравлического испытания, то оно производится при полностью открытых задвижках. При наполнении трубопроводов водой и при спуске воды после испытаний воздушные вентили и краны должны быть полностью открыты. Пробное давление во время гидравлического испытания выдерживается в течение времени, необходимого для осмотра сварных стыков, но не менее 10 минут. Если во время испытания пробным давлением не будет обнаружено падения давления, течей и запотевания сварных швов, давление в испытываемом участке снижается до рабочего. При этом давлении проводится вторичная проверка сварных швов обстукиванием их молотком; удары не по месту сварки, а с обеих сторон шва, на расстоянии не ближе 100 мм от него. Результаты испытания считаются удовлетворительными, если в течение всего времени испытания и обстукивания не обнаружится падения давления, течей, запотевания швов, разрывов, признаков сдвига или деформации конструкции неподвижных опор. При обнаружении во время гидравлического испытания неплотностей в швах исправление их с помощью чеканки запрещается.

Обнаруженные дефектные места должны быть вырублены, зачищены и сварены вновь, после чего производится повторное гидравлическое испытание.

При испытании трубопроводов в зимнее время заполнение магистрали водой производится после отключения потребителей, испытание производится на коротких участках. При температуре наружного воздуха ниже 0°C испытанию подвергаются только изолированные трубопроводы, неизолрованными остаются только швы. Испытание неподогретой водой производится только при положительной температуре наружного воздуха. При температуре ниже $+1^{\circ}\text{C}$ трубопроводы всех диаметров испытываются водой, подогретой до 60°C . Для быстрого удаления воды на трубопроводах должны быть установлены спускные краны в количестве, обеспечивающем спуск воды не более, чем за 1 час. В случае обнаружения дефектов вода из трубопроводов должна быть немедленно спущена, после чего необходимо проверить, не осталась ли вода в отдельных частях трубопровода. Если трубопроводы были испытаны участками, повторное их испытание после окончания монтажа не требуется.

Окончательное гидравлическое испытание всего теплопровода проводится вместе с установленным на нем оборудованием (задвижками, компенсаторами, спускными и воздушными кранами) на пробное давление. Продолжительность окончательных испытаний соответствует времени, необходимому для осмотра всего теплопровода, но не менее 10 минут.

Результаты испытания считаются удовлетворительными, если в течение всего времени его проведения не обнаружится падения давления по манометру и не будут обнаружены признаки разрывов, течи, запотевания в сварных швах, корпусах и сальниках арматуры. Испытательное давление должно быть не менее пробного.

При низких температурах наружного воздуха и отсутствии подогретой воды для гидравлической опрессовки трубопроводов по согласованию с заказчиком можно заменить гидравлическое испытание пневматическим.

19 Мероприятия по предотвращению коррозии в тепловых сетях

Коррозия металлов - естественный самопроизвольный процесс разрушения металлов в результате химического или физико - химического взаимодействия с окружающей средой. Полностью избавиться от коррозии практически невозможно, поэтому используются различные методы защиты, позволяющие замедлить процесс разрушения.

Защиту труб от внутренней коррозии следует выполнять путём:

- использования толстостенных стальных труб;
- повышения pH в пределах рекомендаций ПТЭ;
- уменьшения содержания кислорода в сетевой воде;
- покрытия внутренней поверхности стальных труб антикоррозионными составами или применения коррозионно-стойких сталей;
- применение безреагентного электрохимического способа обработки воды;
- применения водоподготовки и деаэрации подпиточной воды;
- применение ингибиторов коррозии.

Для конструкций теплопроводов в пенополиуретановой теплоизоляции с герметичной наружной оболочкой нанесения антикоррозионного покрытия на стальные трубы не требуется, но обязательно устройство системы оперативного дистанционного контроля, сигнализирующей о проникновении влаги в теплоизоляционный слой.

Для конструкций теплопроводов с другими теплоизоляционными материалами независимо от способов прокладки должны применяться антикоррозионные покрытия, наносимые непосредственно на наружную поверхность стальной трубы.

Неизолированные в заводских условиях концы трубных секций, отводов, тройников и других металлоконструкций не должны покрываться антикоррозионным слоем.

20 Промывка и дренаж трубопроводов

Промывку трубопроводов гидравлическим способом следует выполнять с повторным использованием воды. Опорожнение трубопроводов после промывки и дезинфекции следует производить в места, указанные в проекте производства работ и согласованные с соответствующими службами.

Выпуск воды со строительных площадок непосредственно на склоны без надлежащей защиты от размыва не допускается. При выполнении планировочных работ почвенный слой, пригодный для последующего использования, должен предварительно сниматься и складироваться в специально отведенных местах.

21 Расчет на прочность трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке

Прочностной расчет трубопровода из ВЧШГ при подземной прокладке рекомендуется выполнять согласно методике, приведенной в разделах 5.10-5.12 СП 66.13330 (для самотечного варианта), с учетом ГОСТ Р ИСО 2531, “Water mains” [69].

Выбираем исходные данные для расчета:

- наружный диаметр $D_n - 118,0 \text{ мм}$;
- толщина стенки трубы $h - 9,0 \text{ мм}$;
- модуль упругости Юнга $E - 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
- несущая способность трубы на внутреннее гидростатическое давление незасыпанного трубопровода $P^0 - 9,7 \text{ МПа}$;
- расчетное сопротивление материала трубы на растяжение $R_p - 100 \text{ МПа}$ (при доверительной вероятности $p^* \geq 0,997$);
- глубина заложения от уровня земли до верха трубы $H - 2,7 \text{ м}$;
- глубина грунтовых вод от уровня земли $H_{гв} - 2,0 \text{ м}$;
- удельный вес грунтовых вод $\gamma_v - 0,01 \text{ МН/м}^3$;
- удельный вес грунта засыпки траншеи $\gamma_{гр} - 17,7 \text{ кН/м}^3$ (Глина средняя или тяжёлая, разрыхлённая, суглинок плотный, категория грунта Г-III);

- модуль деформации грунта засыпки $E_{cp} = 2,2$ МПа (для нормальной степени уплотнения);
- расчетное внутреннее гидростатическое давление в трубопроводе $P_{раб} = 1,6$ МПа;
- атмосферное давление при образовании в трубопроводе вакуума $P_{вак} = 0,1$ МПа;
- безразмерный коэффициент, используемый для обозначения класса труб, $k = 9$;
- коэффициент, учитывающий заложение откоса, $m_{3,0} = 0,5$ (при укладке в траншею с наклонными стенками на плоское основание);
- коэффициент, учитывающий выступание трубы, $\chi = 0,98$ (при опирании на плоское грунтовое основание);
- коэффициент, учитывающий перегрузки для внешних нагрузок, $p = 1,15$ (при вертикальном давлении грунта), $p = 1,1$ (при вертикальном давлении транспорта, например, НГ-60), $p = 1,1$ (при собственной массе трубопровода), $p = 1,0$ (при массе наполнителя), $p = 1,0$ (при горизонтальном давлении транспорта), $p = 0,8$ (при горизонтальном давлении грунта);
- коэффициент, учитывающий боковое давление грунта, $\lambda_{cp} = 0,05$ (для нормальной степени уплотнения);
- коэффициент, учитывающий боковое давление грунта, $\lambda_n = 0,2$ (для нормальной степени уплотнения);
- динамический коэффициент, учитывающий подвижную нагрузку, $\mu_t = 1$ (зависит от глубины заложения трубопровода);
- коэффициент, зависящий от схемы распределения нагрузок и опорной реакции, с учетом активного влияния бокового давления грунта, $f = 1$;
- коэффициент, учитывающий условия работы материала труб, $m = 0,5$ (при доверительной вероятности $p^* \geq 0,997$);
- равномерно распределенное давление от транспортной нагрузки $q_t = 16,5$ кН/м² (для НГ-60).

Выполняем вычисление нагрузок от давления грунта засыпки.

Определяем ширину траншеи с наклонными стенками в соответствии с СП 45.13330, используя исходные данные:

$$B_l = D_n + 0,6 = 0,118 + 0,6 = 0,718 \text{ м.} \quad (1)$$

Определяем ширину траншеи по верху трубы, используя исходные данные и формулу (1):

$$B = B_l + 2 \cdot D_n + m_{3,0} = 0,718 + 2 \cdot 0,118 + 0,5 = 1,45 \text{ м.} \quad (2)$$

Определяем среднюю ширину траншеи на высоте 1/2 от верха трубы, используя исходные данные и формулу (1):

$$B_{cp} = B_l + 2 \cdot \left(D_n + \frac{H}{2} \right) \cdot m_{3,0} = 0,718 + 2 \cdot \left(0,118 + \frac{2,7}{2} \right) \cdot 0,5 = 2,186 \text{ м.} \quad (3)$$

Используя расчетные данные полученные в формуле (3) и отношения $\frac{H}{B_{cp}} = \frac{2}{2,96} = 1,23$ в зависимости от категории грунтов, принимаем по таблице 5.6 СП 66.13330 коэффициент $K_{тр}$, учитывающий действие сил трения между засыпкой и стенками трубы, $K_{тр} = 0,84$.

Определяем параметр, характеризующий жесткость грунта засыпки, используя исходные данные:

$$P_{гр} = 0,125 \cdot E_{zp} = 0,125 \cdot 2,2 = 0,275 \text{ МПа} \quad (4)$$

Определяем параметр, характеризующий жесткость трубопровода, состоящего из отдельных раструбных труб, используя исходные данные:

$$P_{л} = 2 \cdot E \cdot \left(\frac{h}{D_H - h} \right)^n = 2 \cdot 1,7 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{9}{118 - 9} \right)^3 = 2,36 \text{ МПа}. \quad (5)$$

Определяем коэффициент, учитывающий разгрузку трубы от бокового давления грунта засыпки, используя исходные данные:

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot P_{гр} \cdot (B - D_H)}{P_{л} \cdot \chi \cdot D_H}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0,257 \cdot (1,45 - 0,118)}{2,36 \cdot 0,98 \cdot 0,118}} = 0,285 \text{ МПа}. \quad (6)$$

Определяем коэффициент концентрации давления грунта засыпки при укладке труб на ненарушенный грунт в насыпи, используя исходные данные:

$$K_n = \frac{3 \cdot (P_{л} + P_{гр})}{2 \cdot (P_{л} + 2 \cdot P_{гр})} = \frac{3 \cdot (2,36 + 0,275)}{2 \cdot (2,36 + 2 \cdot 0,275)} = 1,358 \quad (7)$$

Для определения расчетной зависимости по определению вертикальной нагрузки от давления грунта засыпки, сравниваем произведения $BK_{тр}\Psi$ и $D_H K_n$, используя исходные данные и формулы (2) и (7):

$$BK_{тр} \Psi = 1,45 \cdot 0,84 \cdot 0,285 = 0,347$$

$$D_H K_n = 0,118 \cdot 1,358 = 0,160 \quad (8)$$

Так как $BK_{тр} \Psi < D_H K_n$, то определение вертикальной нагрузки от давления грунта засыпки производим по формуле:

$$Q_m = n \cdot \gamma \cdot BK_{тр} \Psi = 1,15 \cdot 17,7 \cdot 0,347 = 7,06 \text{ кН/м}. \quad (9)$$

Определяем равнодействующую расчетной горизонтальной нагрузки от бокового давления грунта, используя исходные данные:

$$Q_c = n \cdot \gamma \cdot \left(H + \frac{D_H}{2} \right) \cdot D_H \cdot \lambda_H = 0,8 \cdot 17,7 \cdot \left(2,7 + \frac{0,118}{2} \right) \cdot 0,118 \cdot 0,2 = 0,92 \text{ кН/м.} \quad (10)$$

Выполняем вычисление нагрузки от давления наземного транспорта. Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от давления наземного транспорта, используя исходные данные и формулу (7):

$$Q_{\text{тр}}^B = n \cdot q_{\text{тр}} \cdot D_H \cdot \mu_T \cdot K_H = 1,1 \cdot 16,5 \cdot 0,118 \cdot 1,0 \cdot 1,358 = 2,91 \text{ кН/м.} \quad (11)$$

Определяем равнодействующую расчетной горизонтальной нагрузки от давления наземного транспорта, используя исходные данные:

$$Q_{\text{тр}}^r = n \cdot q_{\text{тр}} \cdot \chi \cdot D_H \cdot \lambda_H = 1,1 \cdot 16,5 \cdot 0,118 \cdot 0,98 \cdot 0,2 = 0,419 \text{ кН/м.} \quad (12)$$

Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от собственного веса трубопровода, используя исходные данные:

$$Q_1 = n \cdot \pi \cdot \gamma_{\text{тр}} \cdot h \cdot (D_H - h) = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 72,6 \cdot 0,009 \cdot (0,118 - 0,009) = 0,246 \text{ кН/м.} \quad (13)$$

Определяем равнодействующую расчетной вертикальной нагрузки от веса транспортируемой воды, используя исходные данные:

$$Q_2 = 0,25 \cdot n \cdot \pi \cdot \gamma_{\text{тр}} \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot b = 0,25 \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 9,8 \cdot (0,118 - 2 \cdot 0,009)^2 \cdot 1 = 0,077 \text{ кН/м.} \quad (14)$$

Определяем внешнее гидростатическое давление от грунтовых вод, используя исходные данные:

$$P_z = \gamma_{\text{зв}} \cdot (H - H_{\text{зв}}) = 0,01 \cdot (2,7 - 2,0) = 0,007 \text{ МПа.} \quad (15)$$

Выполняем вычисление прочности при действии на трубопровод внешних нагрузок.

А) При действии на трубопровод давления грунта засыпки, передвижных транспортных средств, собственного веса трубы, внешнего гидростатического давления, веса транспортируемой воды:

Определяем расчетный изгибающий момент от действия грунтовой и транспортной нагрузок при укладке на плоское основание, используя исходные данные и формулы (9) и (11):

$$M_B' = 0,235 \cdot (Q_m^e + Q_{\text{тр}}^e) \cdot r_{cp} = 0,235 \cdot (7,06 + 2,91) \cdot 0,059 = 0,138 \text{ кН/м.} \quad (16)$$

Определяем расчетный изгибающий момент от действия веса воды и собственного веса трубопровода при укладке на плоское основание, используя исходные данные и формулы (13) и (14):

$$M_B'' = 0,18 \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot r_{cp} = 0,18 \cdot (0,246 + 0,077) \cdot 0,059 = 0,003 \text{ кН/м.} \quad (17)$$

Определяем расчетный изгибающий момент от действия горизонтальных нагрузок, используя исходные данные и формулы (10) и (12):

$$M_z = -0,125 \cdot (Q_z + Q_{mp}^2) \cdot r_{cp} = -0,125 \cdot (0,92 + 0,419) \cdot 0,059 = -0,009 \text{ кН/м.} \quad (18)$$

Определяем максимальный изгибающий момент от действия грунтовой и транспортной нагрузок, используя исходные данные и формулы (16), (17) и (18):

$$M = M_B' + M_B'' + M_z = 0,138 + 0,003 - 0,009 = 0,132 \text{ кН/м.} \quad (19)$$

Определяем расчетную линейную приведенную эквивалентную нагрузку, используя исходные данные и формулу (19):

$$Q_{пр}^0 = \frac{M}{0,318 \cdot r_{cp}} = \frac{0,132}{0,318 \cdot 0,059} = 7,035 \text{ кН/м.} \quad (20)$$

Определяем коэффициент, учитывающий влияние поддерживающего действия (отпора) грунта, используя исходные данные и формулы (4), (5) и (15):

$$\xi = \frac{1}{1 + \frac{P_{гр}}{P_{л} + 0,413 \cdot P_{г}}} = \frac{1}{1 + \frac{0,275}{2,36 + 0,413 \cdot 0,002}} = 0,897 \text{ кН/м.} \quad (21)$$

Определяем предельную раздавливающую внешнюю нагрузку, действующую на трубопровод, уложенный в грунте, используя исходные данные и формулу (21):

$$Q_{г}^0 = \frac{m \cdot R \cdot h^2}{0,95 \cdot \xi \cdot D_{н}} = \frac{1,0 \cdot 300 \cdot 9,0^2}{0,95 \cdot 0,897 \cdot 118} = 80,55 \text{ кН/м.} \quad (22)$$

Для труб класса К-9 $Q_{г}^0 = 96,4 \text{ кН/м.}$

Рассчитываем коэффициенты запаса прочности:

$$K_o' = \frac{80,55}{7,035} = 11,45; \quad K_o'' = \frac{96,4}{7,035} = 13,7 \quad (23)$$

Условие прочности соблюдается.

Б) При действии грунта засыпки, атмосферного давления при образовании в трубопроводе вакуума, собственного веса трубопровода, веса воды:

Суммарный момент от действия этих нагрузок, без учета транспортных нагрузок $M = 0,098 + 0,003 - 0,006 = 0,095 \text{ кН/м}$, тогда расчетная приведенная нагрузка по формуле (20) равна 5,06 кН/м.

Определяем коэффициент, учитывающий влияние отпора грунта при образовании в трубопроводе вакуума, используя исходные данные и формулы (4), (5) и (15):

$$\xi_B = \frac{1}{1 + \frac{P_{гр} - P_B}{P_L + 0,413 \cdot P_L}} = \frac{1}{1 + \frac{0,275 - 0,1}{2,36 + 0,413 \cdot 0,002}} = 0,931 \text{ кН/м.} \quad (24)$$

Определяем предельно допустимую раздавливающую внешнюю нагрузку при образовании в трубопроводе вакуума:

$$Q_{\Gamma}^0 = \frac{m \cdot R \cdot h^2}{0,95 \cdot \xi \cdot D_H} = \frac{1,0 \cdot 100 \cdot 9,0^2}{0,95 \cdot 0,931 \cdot 118} = 77,61 \text{ кН/м.} \quad (25)$$

Условие прочности соблюдается: $77,61 \text{ кН/м} > 7,035 \text{ кН/м}$, коэффициент запаса прочности

$$K = 77,61 / 5,06 = 15,34.$$

Расчеты показали, что труба из ВЧШГ диаметром 118 мм класса К-9 удовлетворяет требованиям надежной работы подземного напорного трубопровода при образовании вакуума.

Выполняем вычисление устойчивости при воздействии на трубопровод внешних нагрузок.

Определяем критическое внешнее равномерное давление исходя из условия:

$P_{гр} < \frac{P_L}{4}$, получаем, что $P_{гр} = 0,275 \text{ МПа} < 0,339 \text{ МПа}$, тогда $q_{кр} = P_L = 2,36 \text{ МПа}$.

Определяем равномерно распределенное давление от действующей нагрузки с учетом q_1 и без учета q_2 воздействия транспортных нагрузок:

а) при действии на трубопровод внешних нагрузок:

$$q_1 = \frac{Q_{ЭКВ}}{D_H} = \frac{7,035}{11,8} = 0,596 \text{ МПа} \Rightarrow K_0 = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{2,36}{0,596} = 3,958 \quad (26)$$

$$q_2 = \frac{Q_{ЭКВ}}{D_H} = \frac{5,06}{11,8} = 0,428 \text{ МПа} \Rightarrow K_0 = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{2,36}{0,428} = 5,514 \quad (27)$$

б) при образовании в трубопроводе вакуума:

$$q_1 = \frac{Q_{ЭКВ}}{D_H} + P_B = \frac{7,035}{11,8} + 0,1 = 0,696 \text{ МПа} \Rightarrow K_0 = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{2,36}{0,696} = 3,390 \quad (28)$$

$$q_2 = \frac{Q_{ЭКВ}}{D_H} + P_B = \frac{5,06}{11,8} + 0,1 = 0,528 \text{ МПа} \Rightarrow K_0 = \frac{q_{кр}}{q_1} = \frac{2,36}{0,528} = 4,469 \quad (29)$$

Условиям устойчивости трубопровод удовлетворяет.

Выполняем вычисление жесткости (по деформации) при внешнем нагружении расчетной приведенной нагрузкой.

Определяем допустимый прогиб труб с цементно-песчаным покрытием в грунте, используя исходные данные и формулы (5), (20) и (21):

$$f = \frac{Q_{\text{пр}}^0}{4 \cdot P_{\text{л}}} \cdot \xi = \frac{7,035 \cdot 0,897}{4 \cdot 2,36} = 0,668 \text{ мм.} \quad (30)$$

$$0,668 \leq 0,03 \cdot 118 = 3,54 \text{ мм.} \quad (31)$$

Коэффициент запаса прочности в этом случае $K_o = 3,54/0,668 = 5,3$.

Расчеты показали, что при заданных параметрах внешней нагрузки трубы из ВЧШГ диаметром 100 мм класса К-9 полностью удовлетворяют требованиям по прочности, устойчивости и жесткости от воздействия внешних нагрузок.

Производим проверку трубопровода на комбинированную нагрузку для незасыпанного и засыпанного трубопроводов.

Определяем несущую способность трубы на внутреннее гидростатическое давление засыпанного трубопровода, используя исходные данные:

$$P^0 = \frac{R_p \cdot h}{r_0} = \frac{100 \cdot 9,0}{50} = 1,8 \text{ МПа.} \quad (32)$$

Определяем значение допустимого внутреннего давления для труб класса К-9 соответственно для незасыпанного и засыпанного трубопроводов, используя исходные данные и формулы (20) и (32):

$$P'_{\text{доп}} = P^0 \cdot \left(1 - \frac{Q_{\text{пр}}^0}{Q^0}\right) = 1,8 \cdot \left(1 - \frac{7,035}{96,4}\right) = 1,668 \text{ МПа.} \quad (33)$$

$$P''_{\text{доп}} = P^0 \cdot \left(1 - \frac{Q_{\text{пр}}^0}{Q^0}\right) = 1,8 \cdot \left(1 - \frac{7,035}{80,55}\right) = 1,643 \text{ МПа.} \quad (34)$$

Для трубы диаметром 100 мм по данным таблицы 5.14 СП 66.13330 $P_{\text{доп}} = 7,5$ МПа, заданное рабочее давление $P_{\text{раб}} = 1,6$ МПа.

Определяем коэффициенты запаса прочности на внутреннее давление, используя исходные данные и формулы (33) и (34):

$$K_o' = \frac{1,668}{1,6} = 1,042; \quad K_o'' = \frac{1,643}{1,6} = 1,026; \quad (35)$$

Определяем значение испытательного давления для трубопровода диаметром 100 мм класса К-9, используя исходные данные:

$$P_u = 1,25 \cdot P_{\text{раб}} = 1,25 \cdot 1,6 = 2,0 \text{ МПа.} \quad (36)$$

Определяем значение приемочного давления для трубопровода диаметром 100 мм класса К-9, используя исходные данные и формулы (36):

$$P_r = P_u + 0,5 = 2,0 + 0,5 = 2,5 \text{ МПа.} \quad (37)$$

Для расчетов рекомендуется использовать также график несущей способности труб незасыпанного трубопровода, приведенного на рисунке 5.6 СП 66.13330, который позволяет определить значения внешней приведенной нагрузки от заданных величин внутреннего давления и наоборот. Величина допустимого давления из условия прочности в трубопроводе при $Q_{np} = 7,035$ кН/м для трубы класса К-9 равна 8,5 МПа (по графику рисунка 5.6), $P_{и} = 2,0$ МПа, $P_r = 2,5$ МПа.

Минимальную диаметрально жесткость трубы диаметром 100 мм класса К-9 определяем по Приложению С-1 к ГОСТ Р ИСО 2531, $S = 1350$ кН/м².

Определяем фактическую диаметрально жесткость трубы 100 мм, используя исходные данные:

$$S_{\phi} = 1000 \cdot \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{h}{D_H - h} \right)^3 = 1000 \cdot \frac{170000}{12} \cdot \left(\frac{0,009}{0,118 - 0,009} \right)^3 = 7974,7 \text{ МПа.} \quad (38)$$

Фактическая диаметрально жесткость больше минимальной, то есть $7974,7 \text{ МПа} > 1350 \text{ МПа}$.

Расчеты показали, что трубопровод диаметром 100 мм класса К-9 удовлетворяет всем прочностным требованиям, предъявляемым к незасыпанному и засыпанному трубопроводам, при рабочем давлении 1,6 МПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы была решена задача качественного регулирования теплоснабжения жилого района г. Красноярск. Решены задачи гидравлического, прочностного и теплового расчетов, выполнены подбор основного оборудования и описание монтажных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] СП 30.1330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. – Введ. 01.01.2013. – М. : Минрегион России, 2012, 2011. – 60 с.
- [2] СП 50.1330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 01.01.2012. М. : Минрегион России, 2012. – 95 с.
- [3] СП 61.1330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. – Введ. 01.01.2013. М. : Минрегион России, 2012. – 51 с.
- [4] СП 124.1330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – Введ. 01.01.2013. М. : Минрегион России, 2012. – 73 с.
- [5] СП 131.1330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Введ. 01.01.2013. М. : Минрегион России, 2012. – 109 с.
- [6] ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Взамен ГОСТ 30494-96 ; введ. 01.01.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 11 с.
- [7] ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. – Взамен ГОСТ 10704-76 ; введ. 01.01.1993. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 7 с.
- [8] ГОСТ 21-605-82 СПДС. Сети тепловые (Тепломеханическая часть). – Введ. 01.07.1983. – М : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 14 с.
- [9] СТО 4.2–07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Взамен СТО 4.2–07-2012 ; введ. 22.12.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 59 с.
- [10] Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. пособие для вузов – 7-е изд., стереот / Е.Я. Соколов. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
- [11] Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. / под ред. инж. А.А. Николаева. – М. : Стройиздат, 1965. – 359 с.
- [12] Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города : учеб. пособие / А.К. Тихомиров. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 135 с.
- [13] Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование – 3-е изд./ Б.М. Хрусталева, Ю.Я Кувшинов, В.М. Копко ; под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
- [14] Сосков В.И. Технология монтажа и заготовительные работы : учеб. пособие для студентов спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция» / В.И. Сосков. – М. : Высш. шк., 1989. – 344 с.
- [15] Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование – 3-е изд. / В.В. Пырков. – К. II ДП «Такі справи», 2008. – 252 с.
- [16] Каталог теплотехнического оборудования – информационный портал [Сайт]. - Режим доступа : <https://www.wilo-select.com/StartMain.aspx>

[17] Информационный портал «Без сантехника.ру» <http://bezsantexnika.ru/ustanovka/sxema-upravleniya-zadvizhkoj.html#oglavlenie0>

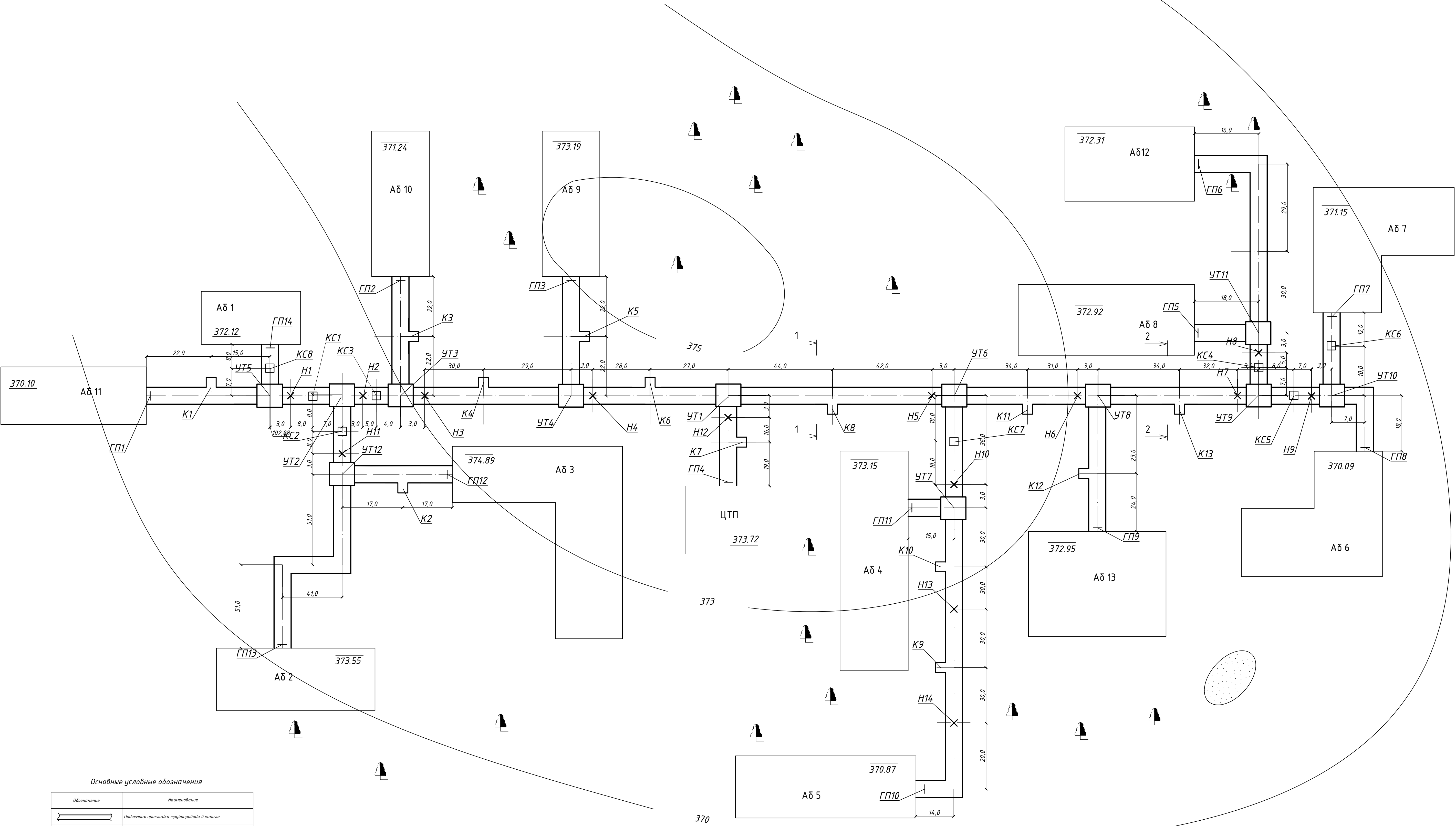
[18] Каталог колонок управления задвижками с ручным или электрическим приводом. <http://www.nzmi.info/katalog/kolonki-upravleniya-zadvigkami-pod-elektroprivod.html>

[19] СП 66.13330.2011 Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом

[20] Технические условия ТУ 1461-037-50254094-2008 ОАО ЛМЗ «Свободный сокол»

[21] Устройство сетей водоснабжения и водоотведения в Санкт-Петербурге. РМД 40-20-2013 Санкт-Петербург

План тепловой сети



Основные условные обозначения

Обозначение	Наименование
	Подленная прокладка трубопровода в канале
	Узел трубопровода в камере
	Ниша Т-образного компенсатора
	Неподвижная опора в канале
	Герметичная перегородка
	Декская площадка
	Сифонный компенсатор

БР - 08.03.01.00.05 ТС				
ИСИ СФУ				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.
Разраб.	Денизбеков И.Д.			
Пров.	Липовка Ю.Л.			
Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом				
Стадия		Лист	Листов	
БР		2	5	

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Гидравлический расчет тепловой сети

№ п/п	Нагрузки		Характеристика участка			Подбор диаметра					Режим течения				Потери на участке, м				Пропускная способность клапана, KV _s			
	Q, кВт	G, кг/с	L, м	Местное сопротивление		V _{ср} , м/с	Физические параметры		Ориентировочный диаметр	D _н ^{дст} , мм	D _{вн} , м	Фактическая скорость, ω, м/с	Число Рейнольдса, Re	Режим движения жидкости	Коэффициент гидравлического трения, λ	Характеристика гидравлического сопротивления, S·10 ⁻³ , с ² /кг ²	Потери на участке, ΔP, м	Сумма потери от источника до каждого абонента, ∑ΔP, м				
				Характеристика			∑ξ	Плотность, ρ, кг/м ³												Кинематическая вязкость, ν·10 ⁻⁶ , м ² /с		
1 Расчетный режим																						
1.1 Подающая магистраль																						
ЦТП-Ут1	43577610	37,47	38	Регулирующий клапан=6	8,8	0,7	934,9	0,229	0,255	273x7	0,259	0,76	860823	Турбулентный	0,023	0,0004	0,53	0,53				
			П-образный компенсатор=2,8																			
Ут1-Ут6	25737190	22,13	89	П-образный компенсатор=2,8	4,8	0,7	934,9	0,229	0,207	219x6	0,207	0,7	636123			0,024	0,0009	0,44	0,97			
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																		
Ут6-Ут8	19526770	16,79	68	тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5	3,8	0,7	934,9	0,229	0,180	194x5	0,184	0,68	542953			0,025	0,0016	0,44	1,41			
				П-образный компенсатор=2,8																		
Ут8-Ут9	14002520	12,04	69	тройник при разветвлении потока на проходе=1	3,8	0,7	934,9	0,229	0,153	194x5	0,184	0,48	389348			0,025	0,0016	0,22	1,63			
				П-образный компенсатор=2,8																		
Ут9-Ут11	7792100	6,7	15	тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5	1,5	0,7	934,9	0,229	0,114	133x4	0,125	0,58	318929		0,028	0,0108	0,48	2,11				
Ут11-Шк	5082310	4,37	75	отвод, гнутый под углом 90°=0,5	8,5	0,7	934,9	0,229	0,100	118x9	0,100	0,60	260023		0,029	0,1306	2,49	4,6	2,77			
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																		
				Регулирующий клапан=6																		
				задвижка=0,5																		
1 Расчетный режим																						
1.2Обратная магистраль																						
Шк-Ут11	5082310	4,37	75	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	2,8	0,7	977,8	0,416	0,100	118x9	0,100	0,57	136857	Турбулентный	0,029	0,1226	2,34	2,34	2,85			
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																		
				задвижка=0,5																		
Ут11-Ут9	7792100	6,7	15	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	1,8	0,7	977,8	0,416	0,111	133x4	0,125	0,56	167862			0,028	0,0192	0,86	3,2			
Ут9-Ут8	14002520	12,04	69	П-образный компенсатор=2,8	4,0	0,7	977,8	0,416	0,180	194x5	0,184	0,46	204925			0,025	0,0014	0,21	3,41			
				тройник при слиянии потока на проходе=1,2																		
Ут8-Ут6	19526770	16,79	68	П-образный компенсатор=2,8	4,0	0,7	977,8	0,416	0,152	194x5	0,184	0,65	285772			0,025	0,0014	0,40	3,81			
				тройник при слиянии потока на проходе=1,2																		
Ут6-Ут1	25737190	22,13	89	П-образный компенсатор=2,8	5,1	0,7	977,8	0,416	0,202	219x6	0,207	0,67	334810		0,024	0,0004	0,18	3,99				
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8																		
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																		
Ут1-ЦТП	43577610	37,47	38	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	4,0	0,7	977,8	0,416	0,246	273x7	0,259	0,73	453076		0,023	0,0003	0,47	4,46				
				П-образный компенсатор=2,8																		

Продолжение приложения А

№ п/п	Нагрузки		Характеристика участка			Подбор диаметра					Режим течения				Потери на участке, м					Пропускная способность клапана, KVs
	Q, кВт	G, кг/с	l, м	Местное сопротивление		V _{ср} , м/с	Физические параметры		Ориентировочный диаметр	D _н δ _{ст} , мм	D _{вн} , м	Фактическая скорость, ω, м/с	Число Рейнолдса, Re	Режим движения жидкости	Коэффициент гидравлического трения, λ	Характеристика гидравлического сопротивления, S·10 ⁻³ , с ² /кг ²	Потери на участке, ΔP, м	Сумма потери от источника до каждого абонента, ∑ΔP, м		
				Характеристика			∑ξ	Плотность, ρ, кг/м ³											Кинематическая вязкость, ν·10 ⁻⁶ , м ² /с	
1 Расчетный режим																				
1.3 Ответвления																				
Подводящий трубопровод																				
Ут6-Ут7	6210420	5,34	39	тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5	2,0	0,7	934,9	0,229	0,102	133x4	0,125	0,47	254191	Турбулентный	0,028	0,0123	0,35	1,32		
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут7-А64	3500630	3,01	15	Регулирующий клапан=6	8,5	0,7	934,9	0,229	0,076	89x3,5	0,082	0,61	218415		0,031	0,4552	4,12	5,44	1,48	
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут7-А65	2709790	2,33	154	П-образный компенсатор=2*2,8	14,1	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056		0,032	1,7851	5,69	7,01	0,75	
				Регулирующий клапан=6																
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут8-Д.С	5524250	4,75	47	П-образный компенсатор=2,8	11,5	0,7	934,9	0,229	0,096	108x4	0,100	0,65	282633		0,029	0,1637	3,69	5,1	2,47	
				Регулирующий клапан=6																
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут9-Ут10	6210420	5,34	18	тройник при разветвлении потока на проходе=1	1	0,7	934,9	0,229	0,102	133x4	0,125	0,47	254191		0,028	0,0086	0,24	1,87		
Ут10-А66	2709790	2,33	25	Регулирующий клапан=6	8,5	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056		0,032	1,2422	4,74	6,61	0,89	
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут10-А67	3500630	3,01	22	Регулирующий клапан=6	8,5	0,7	934,9	0,229	0,076	89x3,5	0,082	0,61	282633	0,031	0,4474	4,05	5,92	1,49		
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут11-А68	2709790	2,33	18	Регулирующий клапан=6	8,5	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056	0,032	1,2221	5,63	7,64	0,90		
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				Задвижка=0,5																
			отвод, гнутый под углом 90°=0,5																	
Ут1-Ут4	17840420	15,34	58	П-образный компенсатор=2,8	4,8	0,7	934,9	0,229	0,173	194x5	0,184	0,62	496063	0,025	0,0018	0,42	0,95			
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																
Ут4-А69	3500630	3,01	44	Регулирующий клапан=6	11,3	0,7	934,9	0,229	0,076	89x3,5	0,082	0,61	218415	0,031	0,5564	5,04	5,99	1,34		
				П-образный компенсатор=2,8																
				тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5																
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																
			Задвижка=0,5																	

Продолжение приложения А

№ п/п	Нагрузки		Характеристика участка			Подбор диаметра						Режим течения			Потери на участке, м				Пропускная способность клапана, KV _s	
	Q, кВт	G, кг/с	l, м	Местное сопротивление		V _{ср.} м/с	Физические параметры		Ориентировочный диаметр	D _{н-бст.} мм	D _{вн.} м	Фактическая скорость, ω, м/с	Число Рейнолдса, Re	Режим движения жидкости	Коэффициент гидравлического трения, λ	Характеристика гидравлического сопротивления, S·10 ⁻³ , с ² /кг ²	Потери на участке, ΔP, м	Сумма потери от источника до каждого абонента, ∑ΔP, м		
				Характеристика	Σξ		Плотность, ρ, кг/м ³	Кинематическая вязкость, ν·10 ⁻⁶ , м ² /с												
Ут4-Ут3	14339790	12,33	62	П-образный компенсатор=2,8 тройник при разветвлении потока на проходе=1		3,8	0,7	934,9	0,229	0,155	194x5	0,184	0,50	398726	Турбулентный	0,025	0,0015	0,23	1,18	
Ут3-А610	2709790	2,33	44	Регулирующий клапан=6 П-образный компенсатор=2,8 тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5 отвод, гнутый под углом 90°=0,5 Задвижка=0,5		11,3	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056		0,032	1,5036	6,16	7,34	0,81
Ут3-Ут2	11630000	10	12	П-образный компенсатор=2,8 тройник при разветвлении потока на проходе=1		3,8	0,7	934,9	0,229	0,140	159x4,5	0,150	0,61	396678		0,026	0,0054	0,54	1,72	
Ут2-Ут12	6210420	5,34	19	тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5 отвод, гнутый под углом 90°=0,5		2	0,7	934,9	0,229	0,102	133x4	0,125	0,47	254191		0,028	0,0117	0,33	2,05	
Ут12-А63	3500630	3,01	34	Регулирующий клапан=6 П-образный компенсатор=2,8 тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5 отвод, гнутый под углом 90°=0,5 Задвижка=0,5		11,3	0,7	934,9	0,229	0,076	89x3,5	0,082	0,61	218415		0,031	0,5564	5,04	7,09	1,34
Ут12-А62	2709790	2,33	143	Регулирующий клапан=6 тройник при разветвлении потока на проходе=1 отвод, гнутый под углом 90°=2*0,5 Задвижка=0,5		8,5	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056		0,032	1,2221	6,63	8,14	0,90
Ут2-Ут5	5419580	4,66	18	тройник при разветвлении потока на проходе		1	0,7	934,9	0,229	0,095	108x4	0,100	0,63	277278	0,029	0,0395	0,86	2,58		
Ут5-А61	2709790	2,33	15	тройник при разветвлении потока на ответвление=1,5 отвод, гнутый под углом 90°=0,5 Регулирующий клапан=6 Задвижка=0,5		8,5	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056	0,032	1,2221	5,63	8,26	0,90	
Ут5-А611	2709790	2,33	56	Регулирующий клапан=6 П-образный компенсатор=2,8 тройник при разветвлении потока на проходе=1 Задвижка=0,5		10,3	0,7	934,9	0,229	0,067	76x3	0,070	0,65	198056	0,032	1,4031	5,62	8,2	0,84	

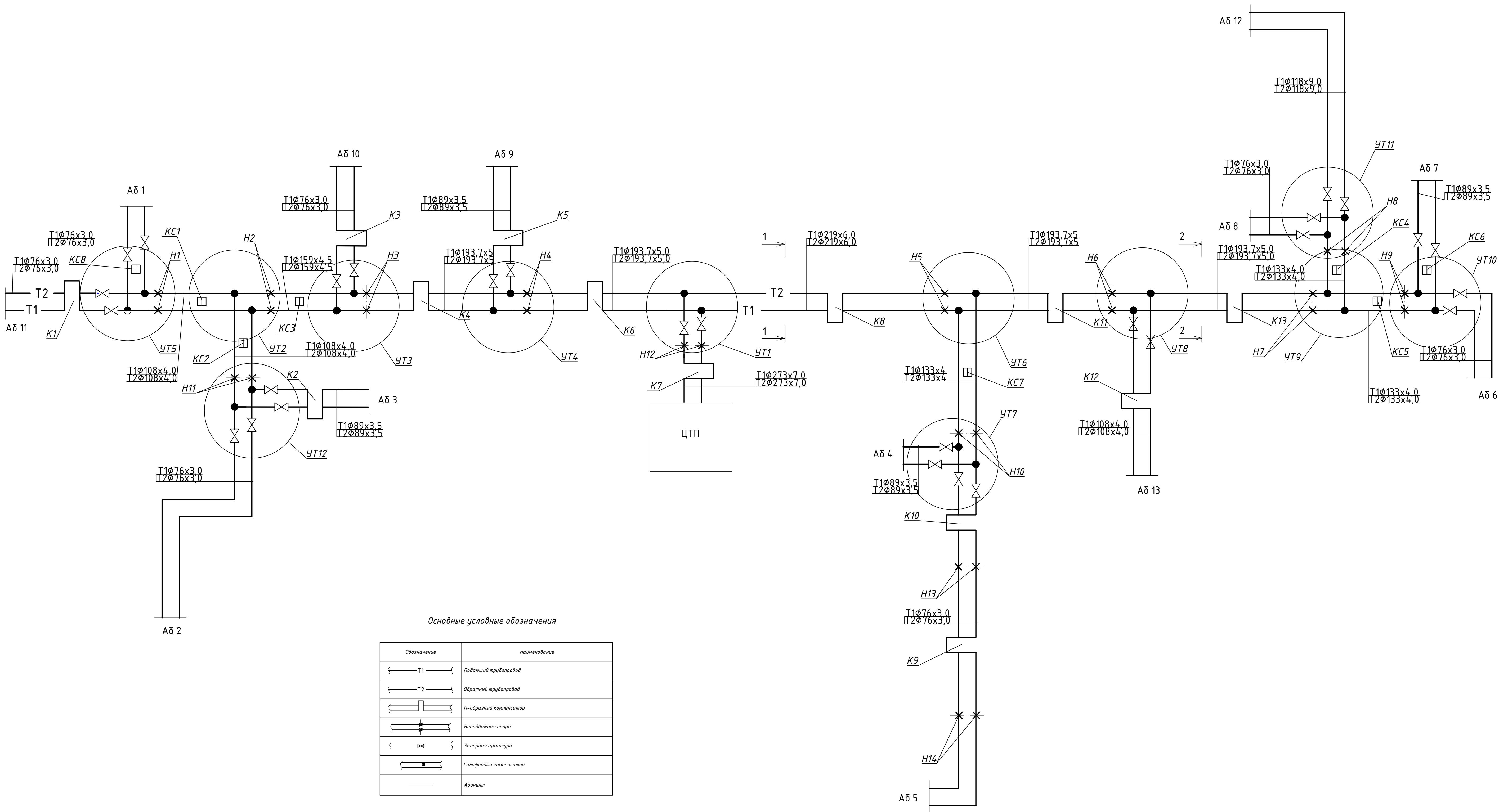
Продолжение приложения А

№ п/п	Нагрузки		Характеристика участка			Подбор диаметра					Режим течения				Потери на участке, м				Пропускная способность клапана, KV's
	Q, кВт	G, кг/с	L, м	Местное сопротивление		Vcp, м/с	Физические параметры		Ориентировочный диаметр	Dн'ост, мм	Dвн, м	Фактическая скорость, ω, м/с	Число Рейнольдса, Re	Режим движения жидкости	Коэффициент гидравлического трения, λ	Характеристика гидравлического сопротивления, S·10 ⁻³ , с ² /кг ²	Потери на участке, ΔP, м	Сумма потери от источника до каждого абонента, ∑ΔP, м	
				Характеристика	Σξ		Плотность, ρ, кг/м ³	Кинематическая вязкость, ν·10 ⁻⁶ , м ² /с											
1 Расчетный режим																			
1.3 Ответвления																			
Обратный трубопровод																			
А611-Ут5	2709790	2,33	56	П-образный компенсатор=2,8	4,5	0,7	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243	Турбулентный	0,032	0,5381	2,92	2,92	
				тройник при слиянии потока на проходе=1,2															
				Задвижка=0,5															
А61-Ут5	2709790	2,33	15	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	2,8	07	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243		0,032	1,1356	5,16	5,16	
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5															
				Задвижка=0,5															
Ут5-Ут2	5419580	4,66	18	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	1,2	0,7	977,8	0,416	0,093	108х4	0,100	0,61	145940		0,029	0,1778	3,86	6,78	
А62-Ут12	2709790	2,33	143	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	3,2	0,7	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243		0,032	1,3929	5,56	5,56	
				отвод, гнутый под углом 90°=2*0,5															
				Задвижка=0,5															
А63-Ут12	3500630	3,01	34	П-образный компенсатор=2,8	5,6	0,7	977,8	0,416	0,075	89х3,5	0,082	0,58	114958		0,031	0,1422	1,29	1,29	
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8															
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5															
				Задвижка=0,5															
Ут12-Ут2	6210420	5,34	19	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	1,8	0,7	977,8	0,416	0,102	133х4	0,125	0,47	254191		0,029	0,1194	3,40	4,69	
Ут2-Ут3	11630000	10	12	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	1,2	0,7	977,8	0,416	0,136	159х4,5	0,150	0,58	208783		0,026	0,0094	0,94	5,63	
А610-Ут3	2709790	2,33	44	П-образный компенсатор=2,8	5,6	0,7	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243		0,032	1,1172	5,07	5,07	
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8															
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5															
				Задвижка=0,5															
Ут3-Ут4	14339790	12,33	62	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	4	0,7	977,8	0,416	0,151	194х5	0,184	0,47	209861	0,025	0,0016	0,25	5,32		
				П-образный компенсатор=2,8															
А69-Ут4	3500630	3,01	44	П-образный компенсатор=2,8	5,6	0,7	977,8	0,416	0,075	89х3,5	0,082	0,58	114958	0,031	0,5086	4,61	4,61		
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8															
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5															
				Задвижка=0,5															
Ут4-Ут1	17840420	15,34	58	П-образный компенсатор=2,8	4,6	0,7	977,8	0,416	0,169	194х5	0,184	0,59	261093	0,025	0,0014	0,32	4,93		
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8															
А68-Ут11	2709790	2,33	18	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	2,3	0,7	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243	0,032	1,3746	5,46	5,46		
				Задвижка=0,5															
А67-Ут10	3500630	3,01	22	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	2,3	0,7	977,8	0,416	0,075	89х3,5	0,82	0,58	114958	0,031	0,2418	2,19	2,19		
				Задвижка=0,5															
А66-Ут10	2709790	2,33	25	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8	2,3	07	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243	0,032	0,5197	2,82	2,86		
				Задвижка=0,5															
Ут10-Ут9	6210420	5,34	18	тройник при слиянии потока на проходе=1,2	1,2	0,7	977,8	0,416	0,102	133х4	0,125	0,47	254191	0,029	0,1475	4,21	6,4		
Д.С.-Ут8	5524250	4,75	47	П-образный компенсатор=2,8	5,6	0,7	977,8	0,416	0,094	108х4	0,100	0,62	148758	0,029	0,1172	2,64	2,64		
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8															
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5															
				Задвижка=0,5															

Продолжение приложения А

№ п/п	Нагрузки		Характеристика участка			Подбор диаметра						Режим течения				Потери на участке, м				Пропускная способность клапана, KV s
	Q, кВт	G, кг/с	l, м	Местное сопротивление		V _{ср} , м/с	Физические параметры		Ориентировочный диаметр	D _{н-дст} , мм	D _{вн} , м	Фактическая скорость, ω, м/с	Число Рейнолдса, Re	Режим движения жидкости	Коэффициент гидравлического трения, λ	Характеристика гидравлического сопротивления, S · 10 ⁻³ , с ² /кг ²	Потери на участке, ΔP, м	Сумма потери от источника до каждого абонента, ∑ΔP, м		
				Характеристика	Σξ		Плотность, ρ, кг/м ³	Кинематическая вязкость, ν · 10 ⁻⁶ , м ² /с												
А65-Ут7	2709790	2,33	154	П-образный компенсатор=2*2,8		8,4	0,7	977,8	0,416	0,066	76х3	0,070	0,62	104243	Турбулентный	0,032	0,4278	2,32	2,32	
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8																
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																
				Задвижка=0,5																
А64- Ут7	3500630	3,01	15	П-образный компенсатор=2,8		5,6	0,7	977,8	0,416	0,075	89х3,5	0,082	0,58	114958	Турбулентный	0,031	0,4090	3,71	3,71	
				тройник при слиянии потока на ответвление=1,8																
				отвод, гнутый под углом 90°=0,5																
				Задвижка=0,5																
Ут7-Ут6	6210420	5,34	39	тройник при слиянии потока на ответвление=1,8		1,8	0,7	977,8	0,416	0,102	133х4	0,125	0,47	254191	Турбулентный	0,029	0,1367	3,90	7,61	

Схема тепловой сети



Основные условные обозначения

Обозначение	Наименование
—T1—	Подводящий трубопровод
—T2—	Обратный трубопровод
—K—	П-образный компенсатор
—H—	Неподвижная опора
—Z—	Запорная арматура
—C—	Сифонный компенсатор
—	Абонент

БР - 08.03.01.00.05 ТС					
ИСИ СФУ					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Денизбеков И.Д.				
Пров.	Липовка Ю.Л.				
Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом				Стадия	Лист
Схема тепловой сети				БР	3
И. Контр.				Липовка Ю.Л.	Листов
					5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технические характеристики циркуляционного насоса Wilо-CronoTwin-DL-E 80/190-18,5/2



Ответственный

E-Mail

Телефон

Телефакс

Клиент

Ответственный Илим Денизбеков

E-Mail ilim_94kg@mail.ru

Телефон +79632546027

Текст заявки

Имя проекта Проект без имени 2017-06-08 13:01:24.456

Номер проекта 1

Дата 08.06.17

Поз.	К-во	Наименование	PG	Цена / EUR	Цена / EUR
------	------	--------------	----	------------	------------

1		Наименование: Насос с сухим ротором энергоэкономичный сдвоенный DL-E 80/190-18,5/2		21.330,00	21.330,00
---	--	--	--	-----------	-----------

Сдвоенный насос с сухим ротором линейного типа для установки в трубах или на фундаменте со встроенным частотным преобразователем для электронного регулирования параметров, в том числе постоянного или переменного перепада давления (Δp -с/ Δp -v).

Тип: - Одноступенчатый низконапорный центробежный насос
- Спиральный корпус линейного исполнения (всасывающий и напорный патрубок с одинаковыми фланцами в одной линии), фланец PN 16 – с отверстием согласно EN 1092-2
- Штуцеры для замера давления (R 1/8) для смонтированных дифференциальных датчиков давления (исполнение ...-R1 без датчика)
- Серийные корпус насоса и фланец электродвигателя с **катафорезным** покрытием
- Скользящее торцовое уплотнение для перекачивания воды температурой до 140 °C. До температуры +40 °C допустимо применение гликолевой примеси объемной долей от 20 до 40%.

- Специальные скользящие торцовые уплотнения для смесей воды/гликоля, отличных от 20–40 % объемной доли гликоля, и

для температуры перекачиваемой жидкости - 40 °C или

других перекачиваемых жидкостей кроме воды (повышенная цена).

Принадлежности: - консоли для крепления к фундаменту;

- IR-монитор;
- IF-модуль PLR
- IF-модуль LON
- IF-модуль Modbus;
- IF-модуль BACnet;
- IF-модуль CAN.
- Системы регулирования VR-HVAC/**CCe**-HVAC/**SCe**-HVAC
- Комплекты дифференциальных датчиков давления (DDG) 0-10 **B** для насосов в исполнении ...-R1

Серийное оснащение: - Однокнопочная панель управления для следующих функций: - Включение/выключение насоса
- Установка заданного значения или числа оборотов
- выбор способа регулирования: Δp -с (постоянный перепад давления), Δp -v (переменный перепад давления), ПИД-регулятор, n-постоянный (ручной режим управления);
- выбор режима работы при совместной работе двух насосов (основной/резервный режим работы, режим совместной работы двух насосов);
- конфигурация рабочих параметров;
- Квитирование ошибок

- Экран насоса для индикации следующих параметров: -

Способ регулирования
- заданное значение (напр., перепад давления или частота вращения);

Продолжение приложения Б

Поз.	К-во	Наименование	PG	Цена / EUR	Цена / EUR
		<p>значение датчика);</p> <ul style="list-style-type: none"> - эксплуатационные данные (напр., количество часов работы, расход энергии); - данные о состоянии (например, состояние реле SSM и SBM); - данные об устройстве (напр., название насоса); <p>Дополнительные функции: - Интерфейсы: управляющий вход «Выкл. по приоритету», «Внешняя смена насосов», аналоговый вход 0–10 В, 2–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА для режима управления (DDC) или дистанционного регулирования заданных значений, аналоговый вход 0–10 В, 2–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА для передачи сигнала фактического значения датчика давления, инфракрасный интерфейс для беспроводной связи с устройством управления и сервисного обслуживания – IR-накопителем/IR-монитором Wilo, разъем для IF-модуля Wilo для связи с автоматизированной системой управления зданием, настраиваемая беспотенциальная система оповещения о неисправностях, эксплуатации и готовности, интерфейс для связи со сдвоенными насосами;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Трехфазный электродвигатель с частотным преобразователем - Встроенная система управления сдвоенными насосами - Настраиваемый временной интервал для смены работы насосов - Встроенная полная защита электродвигателя - различные режимы работы для систем отопления (HV) или кондиционирования (AC); - Блокировка доступа - различные панели управления: стандартная/обслуживание <p>Материалы</p> <p>Корпус насоса : EN-GJL-250</p> <p>Рабочее колесо : EN-GJL-200</p> <p>Промежут. корпус : EN-GJL-250</p> <p>Вал насоса : 1.4122</p> <p>СТУ : AQEGG</p> <p>Эксплуатационные параметры</p> <p>Перекачиваемая жидкост. : Вода 100 %</p> <p>Расход : 151,80 m³/h</p> <p>Напор : 30,66 m</p> <p>Температура перекачиваемой жидкости : 20 °C</p> <p>Мин. температура перекачиваемой жидкости : -20 °C</p> <p>Макс. температура перекачиваемой жидкости : 140 °C</p> <p>Максимальное рабочее давление : 16 bar</p> <p>Температура окружающей среды, макс. : 40 °C</p> <p>Минимальный индекс эффективности (MEI) : ≥ 0.40</p> <p>Мотор/электроника</p> <p>Создаваемые помехи : EN 61800-3</p> <p>Помехозащищенность : EN 61800-3</p> <p>Подключение к сети : 3~400 V ±10%, 50 Hz</p> <p>Класс эффективности мотора : IE4</p> <p>Номинальная мощность P2 : 18,5 kW</p> <p>макс. частотой вращения : 750 1/min ... 2900 1/min</p> <p>Номинальный ток (прим.) : 33,4 A</p> <p>Степень защиты : IP 55</p> <p>Класс изоляции : F</p> <p>Защита электродвигателя : Да</p> <p>Присоединительные размеры</p> <p>Патрубок на стороне всасывания : DN 80, PN 16</p> <p>Патрубок с напорной стороны : DN 80, PN 16</p> <p>Габаритная длина : 500 mm</p> <p>Данные для заказа</p> <p>Вес, прим. : 522 kg</p> <p>Изделие : Wilo</p> <p>Тип : DL-E 80/190-18,5/2</p> <p>Номер позиции : 2153815</p>			

Общая цена	52.052,00
плюс 18% НДС	9.369,36
Общая брутто цена	61.421,36

Окончание приложения Б

wilo

Ответственный

Е-Mail
Телефон

Клиент

Ответственный Илим Денизбеков
Е-Mail ilim_94kg@mail.ru
Телефон +79632546027

Технические данные

Насос с сухим ротором энергоэкономичный
сдвоенный
DL-E 80/190-18,5/2

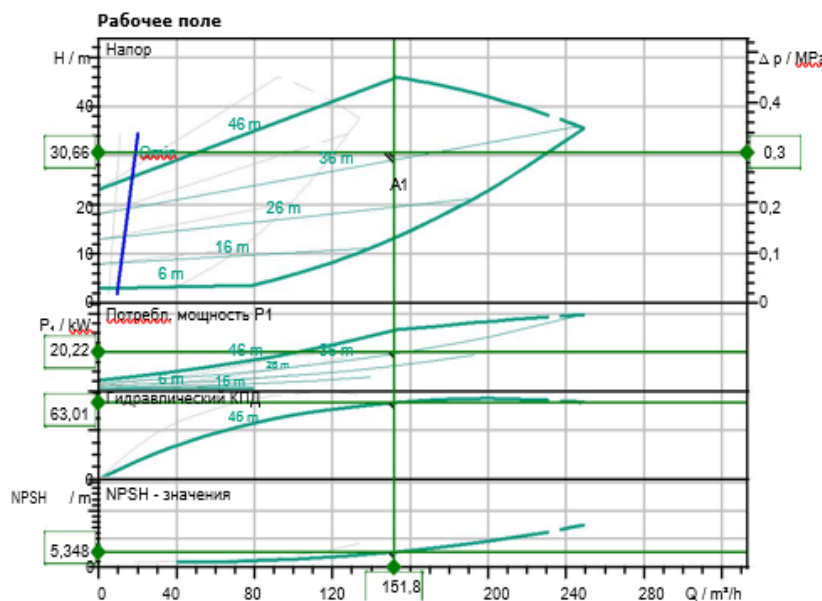
Имя проекта Проект без имени 2017-06-08 13:01:24.456

Номер проекта 1

Место установки

Номер позиции клиента

Дата 08.06.17



Задать рабочие параметры

Производительность 151,80 m^3/h
Напор 30,66 m
Перекачиваемая жидкость Вода 100 %
Т. перекач. жидкости 20,00 °C
Плотность 998,20 kg/m^3
Кинематич. вязкость 1,00 mm^2/s

Гидравлические данные (Рабочая точка)

Производительность 151,80 m^3/h
Напор 30,66 m
Потребл. мощность P_1 20,22 kW
NPSH 5,35 m

Данные продукта

Насос с сухим ротором энергоэкономичный, сдвоенный
DL-E 80/190-18,5/2
Режим работы Δp -v ADD
Мак. рабочее давление 1,6 MPa
Т. перекач. жидкости -20 °C ... +140 °C
Макс. Температура окр. Среды 40 °C
Mid индекс эффект. (MEI) $\geq 0,40$

Данные мотора

Тип электродвигателя Стандарт
Класс эффективности IE4
Подключение к сети 3~ 400 V / 50 Hz
Допустимый перепад напряж. $\pm 10\%$
макс. частотой вращения; 2900 1/min.
Ном. Мощность P_2 18,50 kW
Потребляемая мощность 21 kW
Номинальный ток 33,40 A
Вид защиты IP 55
Класс изоляции F
Защита электродвигателя Да

Присоединительные размеры

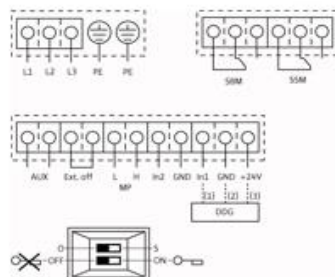
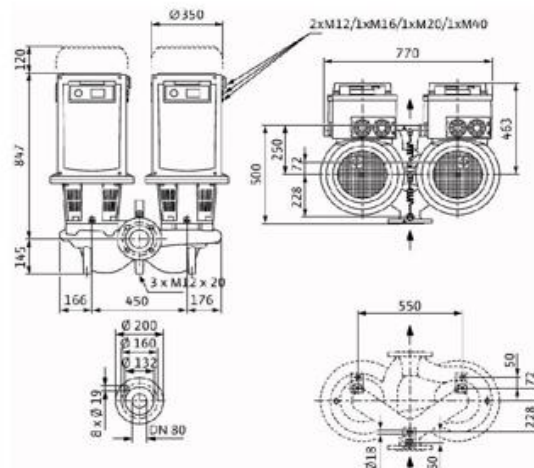
Патрубок на стороне всас. DN 80, PN 16
Патрубок с напорной стороны Габаритная длина 500 mm

Материалы

Корпус насоса EN-GJL-250
Рабочее колесо EN-GJL-200
Промежут. корпус EN-GJL-250
Вал насоса 1.4122
СТУ AQEGG

Данные для заказа

Вес, прим. 522 kg
Номер позиции 2153815



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Технические характеристики подпиточного насоса Wilo-CronoTwin-DL-E 40/170-5,5/2



Ответственный

E-Mail

Телефон

Телефакс

Клиент

Ответственный Илим Денизбеков

E-Mail ilim_94kg@mail.ru

Телефон +79632546027

Текст заявки

Имя проекта Проект без имени 2017-06-08 13:01:24.456

Номер проекта 1

Дата 08.06.17

Поз.	К-во	Наименование	PG	Цена / EUR	Цена / EUR
		Наименование: Насос с сухим ротором энергоэкономичный сдвоенный			
1		<p>DL-E 40/170-5,5/2</p> <p>Сдвоенный насос с сухим ротором линейного типа для установки в трубах или на фундаменте со встроенным частотным преобразователем для электронного регулирования параметров, в том числе постоянного или переменного перепада давления ($\Delta p-c/\Delta p-v$).</p> <p>Тип: - Одноступенчатый низконапорный центробежный насос - Спиральный корпус линейного исполнения (всасывающий и напорный патрубок с одинаковыми фланцами в одной линии), фланец PN 16 – с отверстием согласно EN 1092-2 - Штуцеры для замера давления (R 1/8) для смонтированных дифференциальных датчиков давления (исполнение ...-R1 без датчика) - Серийные корпус насоса и фланец электродвигателя с катафорезным покрытием - Скользящее торцовое уплотнение для перекачивания воды температурой до 140 °C. До температуры +40 °C допустимо применение гликолевой примеси объемной долей от 20 до 40%. - Специальные скользящие торцовые уплотнения для смесей воды/гликоля, отличных от 20-40 % объемной доли гликоля, и для температуры перекачиваемой жидкости 40 °C или других перекачиваемых жидкостей кроме воды (повышенная цена). Принадлежности: - консоли для крепления к фундаменту; - IR-монитор; - IF-модуль PLR - IF-модуль LON - IF-модуль Modbus; - IF-модуль BACnet; - IF-модуль CAN. - Системы регулирования VR-HVAC/CCe-HVAC/SCe-HVAC - Комплекты дифференциальных датчиков давления (DDG) 0-10 В для насосов в исполнении ...-R1</p> <p>Серийное оснащение: - Однокнопочная панель управления для следующих функций: - Включение/выключение насоса - Установка заданного значения или числа оборотов - выбор способа регулирования: $\Delta p-c$ (постоянный перепад давления), $\Delta p-v$ (переменный перепад давления), ПИД-регулятор, n-постоянный (ручной режим управления); - выбор режима работы при совместной работе двух насосов (основной/резервный режим работы, режим совместной работы двух насосов); - конфигурация рабочих параметров; - Квитирование ошибок - Экран насоса для индикации следующих параметров: - Способ регулирования - заданное значение (напр., перепад давления или частота вращения);</p>		9.392,00	9.392,00

Продолжение приложения В

Поз.	К-во	Наименование	PG	Цена / EUR	Цена / EUR
		значение датчика); - эксплуатационные данные (напр., количество часов работы, расход энергии); - данные о состоянии (например, состояние реле SSM и SBM); - данные об устройстве (напр., название насоса); Дополнительные функции: - Интерфейсы: управляющий вход «Выкл. по приоритету», «Внешняя смена насосов», аналоговый вход 0–10 В, 2–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА для режима управления (DDC) или дистанционного регулирования заданных значений, аналоговый вход 0–10 В, 2–10 В, 0–20 мА, 4–20 мА для передачи сигнала фактического значения датчика давления, инфракрасный интерфейс для беспроводной связи с устройством управления и сервисного обслуживания – IR-накопителем/IR-монитором Wilo, разъем для IF-модуля Wilo для связи с автоматизированной системой управления зданием, настраиваемая беспотенциальная система оповещения о неисправностях, эксплуатации и готовности, интерфейс для связи со сдвоенными насосами; - Трехфазный электродвигатель с частотным преобразователем - Встроенная система управления сдвоенными насосами - Настраиваемый временной интервал для смены работы насосов - Встроенная полная защита электродвигателя - различные режимы работы для систем отопления (HV) или кондиционирования (AC); - Блокировка доступа - различные панели управления: стандартная/обслуживание			
		Материалы			
		Корпус насоса	: EN-GJL-250		
		Рабочее колесо	: EN-GJL-200		
		Промежут. корпус	: EN-GJL-250		
		Вал насоса	: 1.4122		
		СТУ : AQEGG			
		Эксплуатационные параметры			
		Перекачиваемая жидкость	: Вода 100 %		
		Расход	: 3,65 m³/h		
		Напор	: 25,00 m		
		Температура перекачиваемой жидкости	: 20 °C		
		Мин. температура перекачиваемой жидкости	: -20 °C		
		Макс. температура перекачиваемой жидкости	: 140 °C		
		Максимальное рабочее давление	: 16 bar		
		Температура окружающей среды, макс.	: 40 °C		
		Минимальный индекс эффективности (MEI)	: ≥ 0.40		
		Мотор/электроника			
		Создаваемые помехи	: EN 61800-3		
		Помехозащищенность	: EN 61800-3		
		Подключение к сети	: 3~400 V ±10%, 50 Hz		
		Класс эффективности мотора	: IE4		
		Номинальная мощность P2	: 5,5 kW		
		макс. частотой вращения;	: 750 1/min ... 2900 1/min		
		Номинальный ток (прим.)	: 10,7 A		
		Степень защиты	: IP 55		
		Класс изоляции	: F		
		Защита электродвигателя	: Да		
		Присоединительные размеры			
		Патрубок на стороне всасывания	: DN 40, PN 16		
		Патрубок с напорной стороны	: DN 40, PN 16		
		Габаритная длина	: 340 mm		
		Данные для заказа			
		Вес, прим.	: 189 kg		
		Изделие	: Wilo		
		Тип : DL-E 40/170-5,5/2			
		Номер позиции	: 2159410		

Окончание приложения В

wilo

Ответственный

E-Mail

Телефон

Клиент

Ответственный Илим Денизбеков

E-Mail ilim_94kq@mail.ru

Телефон +79632546027

Технические данные

Насос с сухим ротором энергоэкономичный
сдвоенный

DL-E 40/170-5,5/2

Имя проекта

Проект без имени 2017-06-08 13:01:24.456

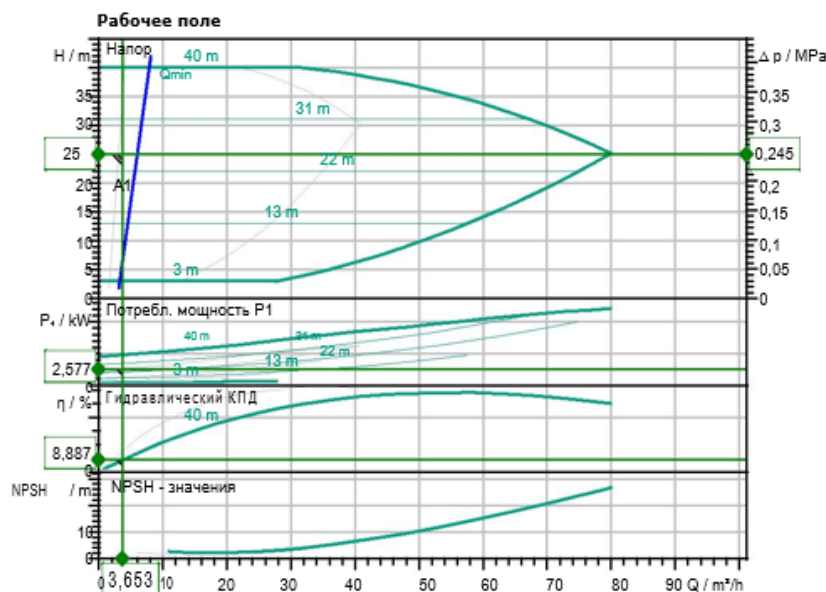
Номер проекта

1

Место установки

Номер позиции клиента

Дата 08.06.17



Задать рабочие параметры

Производительность	3,65 m³/h
Напор	25,00 m
Перекачиваемая жидкость	Вода 100 %
Т перекач. жидкости	20,00 °C
Плотность	998,20 kg/m³
Кинематич. вязкость	1,00 mm²/s

Гидравлические данные (Рабочая точка)

Производительность	3,65 m³/h
Напор	25,00 m
Потребл. мощность P1	2,58 kW
NPSH	

Данные продукта

Насос с сухим ротором энергоэкономичный сдвоенный
DL-E 40/170-5,5/2

Режим работы	dp-c ADD
Мак. рабочее давление	1,6 MPa
Т перекач. жидкости	-20 °C ... +140 °C
Макс. Температура окр. Среды	40 °C
Min индекс эффект. (MEI)	≥ 0.40

Данные мотора

Тип электродвигателя	Стандарт
Класс эффективности	IE4
Подключение к сети	3~ 400 V / 50 Hz
Допустимый перепад напряж.	±10%
макс. частотой вращения;	2900 1/min
Ном. Мощность P2	5,50 kW
Потребляемая мощность	6,4 kW
Номинальный ток	10,70 A
Вид защиты	IP 55
Класс изоляции	F
Защита электродвигателя	Да

Присоединительные размеры

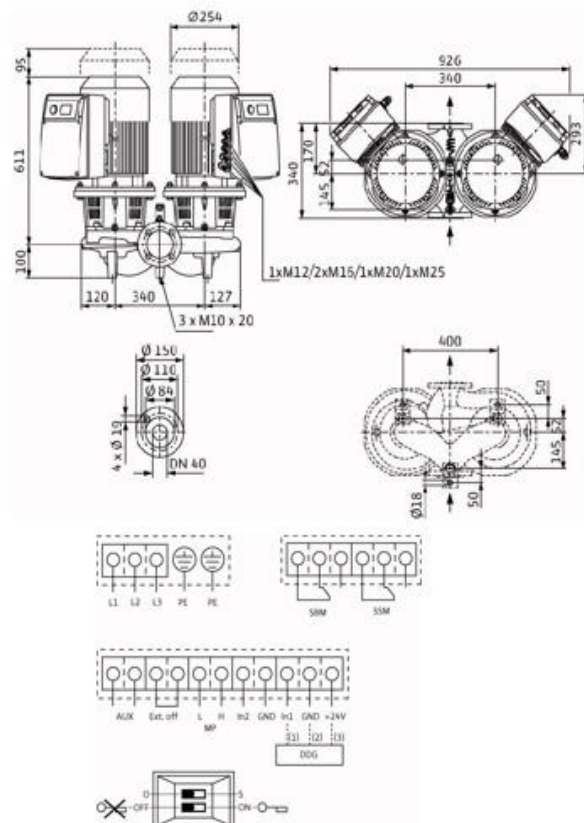
Патрубок на стороне всас.	DN 40, PN 16
Патрубок с напорной стороны	DN 40, PN 16
Габаритная длина	340 mm

Материалы

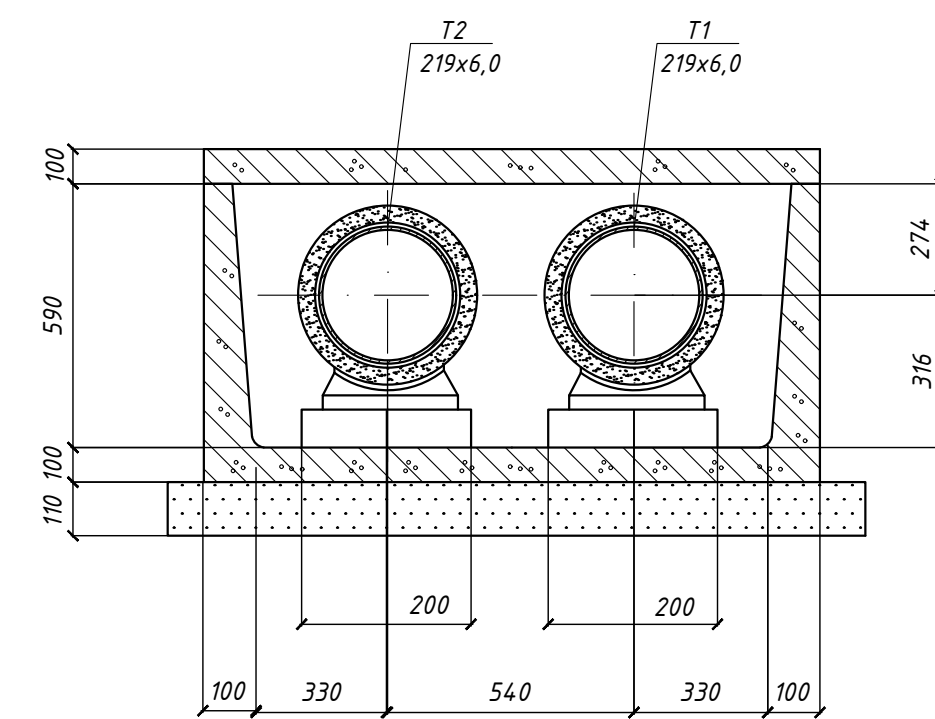
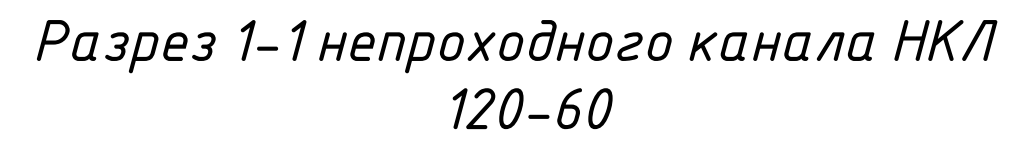
Корпус насоса	EN-GJL-250
Рабочее колесо	EN-GJL-200
Промежут. корпус	EN-GJL-250
Вал насоса	1.4122
СТУ	AQEGG

Данные для заказа

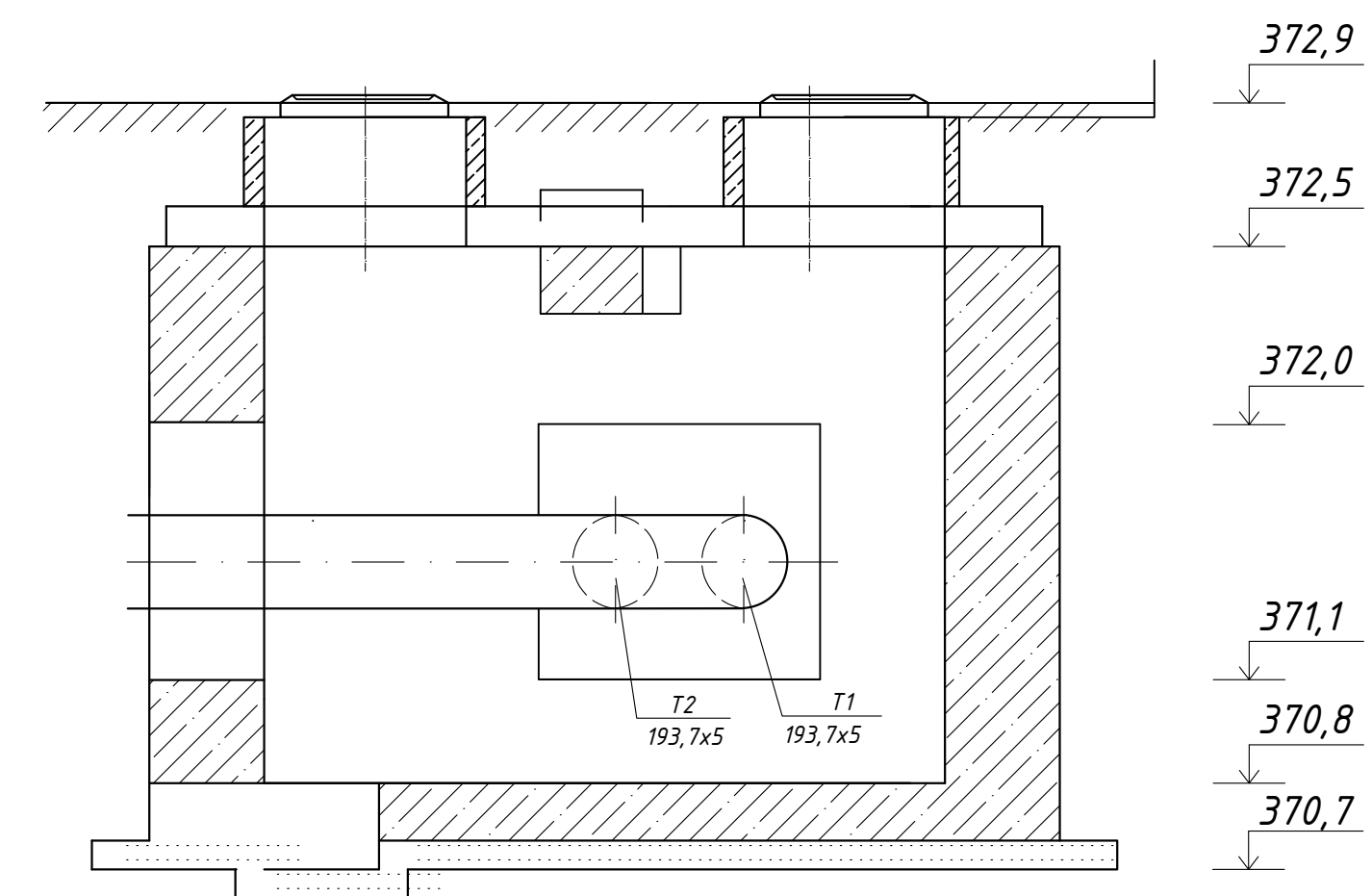
Вес, прим.	189 kg
Номер позиции	2159410



H , м вг см



Разрез тепловой камеры УТ 8



						БР - 08.03.01.00.05 ТС			
						ИСИ СФУ			
Изм.	Колуч.	Лист	№ док	Подп.	Дата				
Разраб	Денизиков И.П.					Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом	Стандия	Лист	Листов
Пров.	Людмила Ю.П.						БР	4	5

Согласовано

Подпись и дата Вых. инв.

И.И.

И.И.

Общие указания

Свойства материала из ВЧШГ
От участка 11 до абонента 12

Наружный диаметр:	$d_{нар.}$	118,0	мм
Внутренний диаметр:	$d_{вн.}$	100,0	мм
Толщина стенки:	h	9,0	мм
Вес (6м):	m	109,0	кг
Модуль упругости:	E	$1,7 \cdot 10^5$	Па

Жесткость

Минимальная диаметрльная жесткость:	S	1350	кН/м ³
Фактическая диаметрльная жесткость:	S_{ϕ}	7974,7	кН/м ³

Показатели запаса прочности

Класс надежности:	A		
Допустимая деформация:		5	%
Коэффициент запаса прочности на внутреннее давление:		1,042	

Нагрузка

Высота засыпки:	H	2700	мм
Удельный вес грунта:	$\gamma_{гр}$	17,7	кН/м ³

Прокладка

Способ прокладки:	Траншея		
Ширина траншеи с наклонными стенками:	B	718	мм
Ширина траншеи по верху трубы:	B_1	1450	мм
Угол откоса:		45	°

Грунт

Категория	III		
-----------	-----	--	--

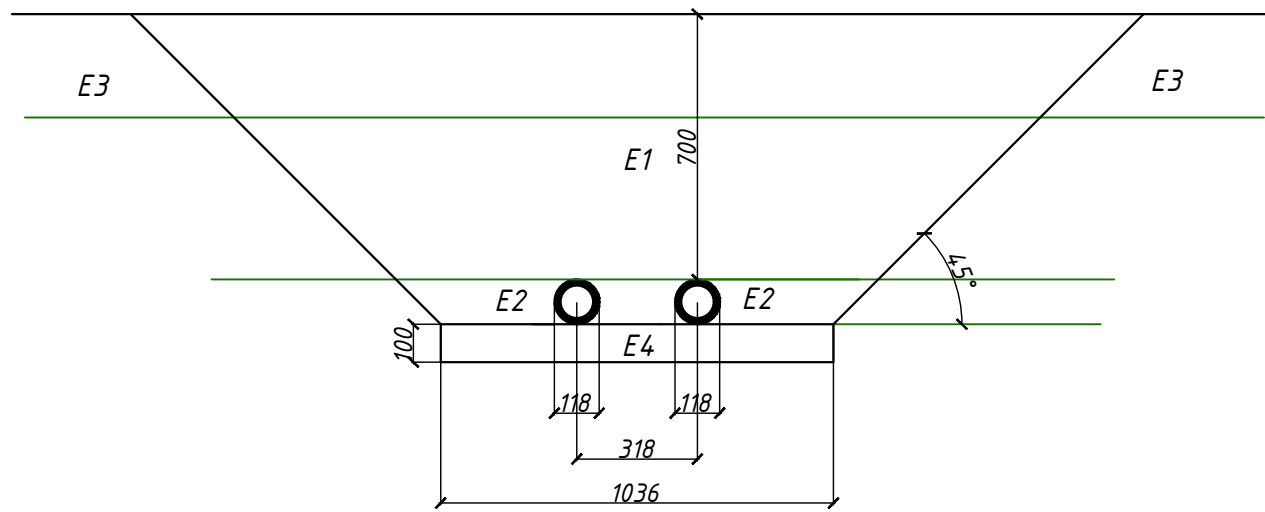
Грунт

Группа грунта	G1	G2	G3	G4
E1 – обратная засыпка				+
E2 – зона трубы				+
E3 – естественный грунт				+
E4 – ниже дна траншеи	+			

Группы грунтов

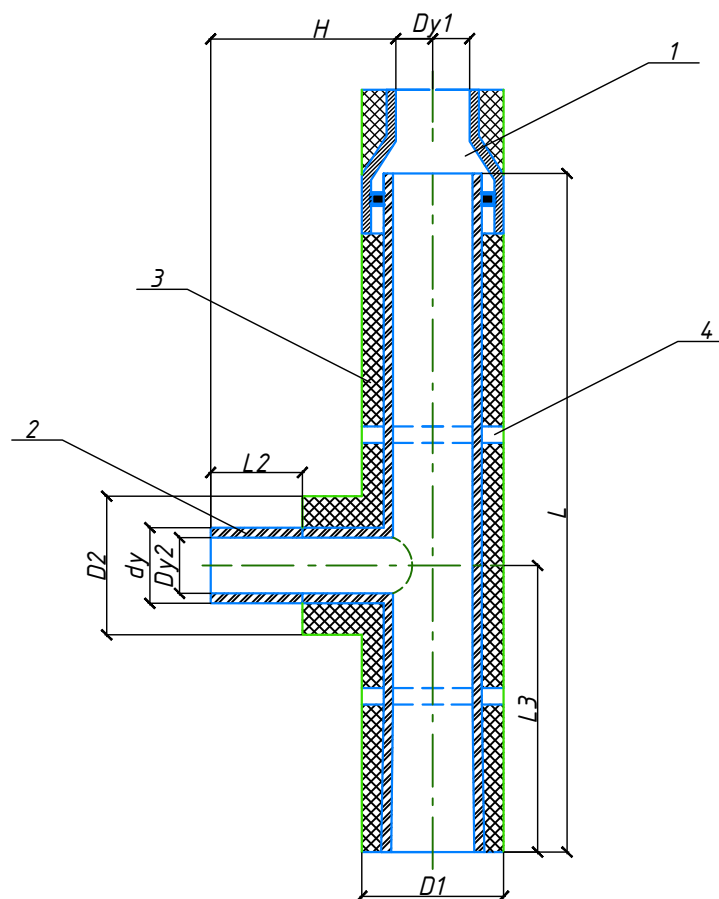
G1 – К несвязным грунтам обычно относятся: песчаные грунты, пылеватый песок
G2 – К слабосвязанным грунтам обычно относятся: суглинок, разложившийся торф
G3 – К связанным смешанным грунтам обычно относятся суглинки
G4 – К связанным грунтам обычно относятся суглинки и глины.

Бесканальная прокладка трубопровода из ВЧШГ



Предварительно теплоизолированные пенополиуретаном фасонные соединительные части для сетей с самокомпенсацией из ВЧШГ с соединением "RJ" ("BPC") с наружным покрытием

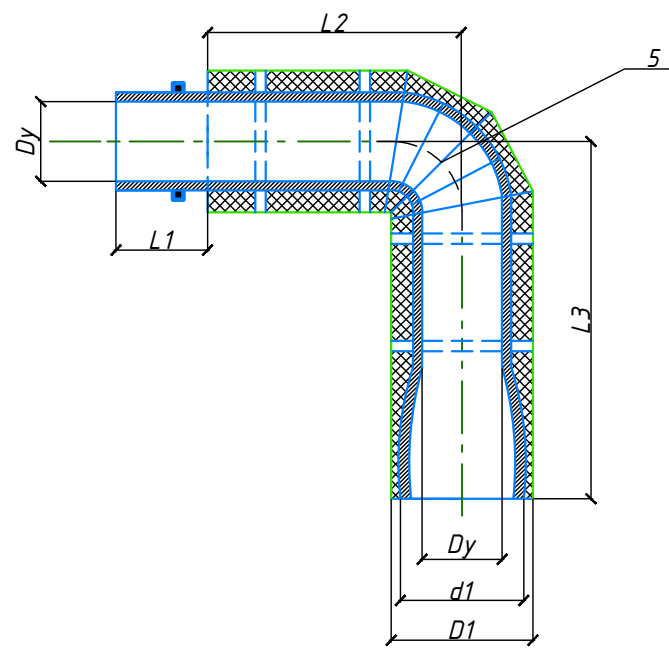
Тройник гладкий-гладкий конец



Размеры	L1	L2	D1	D2
	1200	500	100	235
	200	200	88	170
	+			

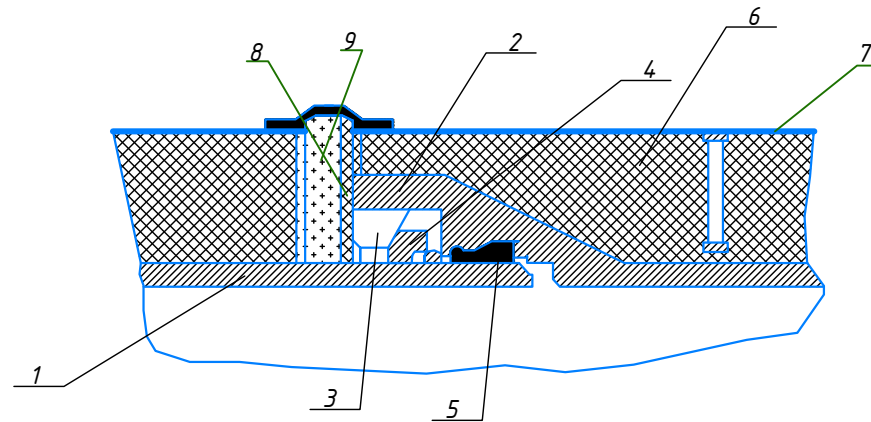
1. Труба ВЧШГ – "BPC"
2. Изоляция из пенополиуретана
3. Наружное покрытие
4. Центрирующая опора
5. Сварное колено ВЧШГ

Колено раструб-гладкий конец



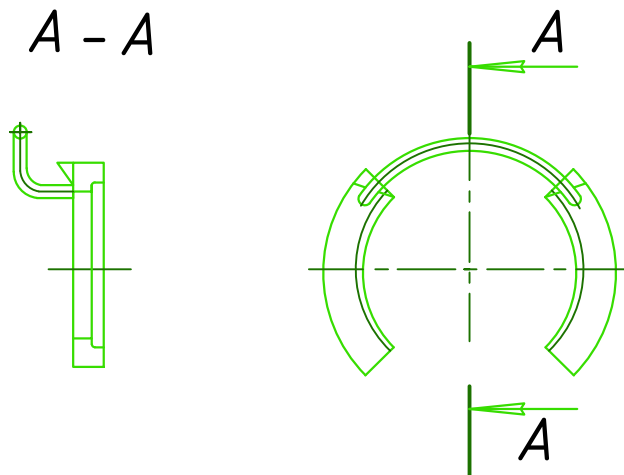
Размеры	D1	D2	L1	L2	L3
	100	118	200	235	200
	800/600	800/600	800/600	800/600	800/600
	30	30	30	30	30

Положение прямой трубы компенсатора при максимально высокой температуре его эксплуатации



1. Прямая труба компенсатора, которая снабжена стопором жестко закрепленным на ней, и обработанный под манжету поверхность
2. Раструбная труба, имеющей кольцевой прилив, который служит опорой для стопорного сухаря и который имеет окно для ввода/вывода сухаря в межтрубное пространство компенсатора
3. Прилив на раструбной трубе
4. Стопорный сухарь
5. Уплотнительная теплоустойчивая манжета
6. Слой теплоизоляционного материала, образованного на свободной от монтажа части прямой трубы
7. Внешнее защитное покрытие теплоизоляции
8. Монтажный зазор между торцами теплоизоляции раструба и прямой трубы
9. Защитная прокладка, предотвращения проникновения теплоизоляционного материала в межтрубное пространство компенсатора

Эскиз стопорного сухаря для компенсатора



БР – 08.03.01.00.05 ТС					
ИСИ СФУ					
Изм.	Кол.уч.	Лист	И*док	Подп.	Дата
Разраб.	Денизкевич И.Д.				
Пров.	Липовка Ю.Л.				
Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шароидным графитом				Стадия	Лист
				БР	5
Трубы из высокопрочного чугуна с шароидным графитом				Листов	
				5	

Ведомость рабочих чертежей основного комплекта

Лист	Наименование чертежей	Формат
1	Общие данные	A1
2	План каналов тепловой сети	A1
3	Схема тепловой сети	A1
4	График давлений в тепловой сети, продольный профиль участка от ЦТП до А6 12, элементы тепловой сети	A1
5	Труба из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом	A1

Ведомость ссылочных и прилагаемых документов

Обозначение	Наименование	Примечание
	Ссылочные	
С 4904-66 81	Прокладка трубопровода водных тепловых сетей в непроходных каналах	
С 5503-13 81	Детали трубопровода	
С 5503-13 82	Дренажные узлы	
С 5503-13 83	Контрольный измерительный прибор	
С 4903-10 84	Опоры трубопровода неподвижные	
С 4903-10 85	Опоры трубопровода подвижные	
С 3906-16 80-2	Углы трассы: углы поворота, ниши, перекрытия, катеры	
С 79039-3	Теплоизоляция	
С 39001-16 81	Дренажные колодцы	
	Приложения	
	Пояснительная записка	

Спецификация

Поз.	Наименование, обозначение	Марка ГОСТ	Кол-во, м	Масса, кг	Примечание
1	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф273х7	ГОСТ 10704-91	76	45,92	
2	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф219х6	ГОСТ 10704-91	178	31,52	
3	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф193,7х5	ГОСТ 10704-91	514	23,27	
4	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф159х4,5	ГОСТ 10704-91	24	17,15	
5	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф133х4	ГОСТ 10704-91	144	12,73	
6	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф108х4	ГОСТ 10704-91	168	10,26	
7	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф89х3,5	ГОСТ 10704-91	230	7,38	
8	Труба стальная в пенополиуретановой изоляции Ф76х3	ГОСТ 10704-91	872	5,40	
9	Труба из ВЧШГ Ф118х9	ТУ 14.61-037-50254094-2008	150	18,16	

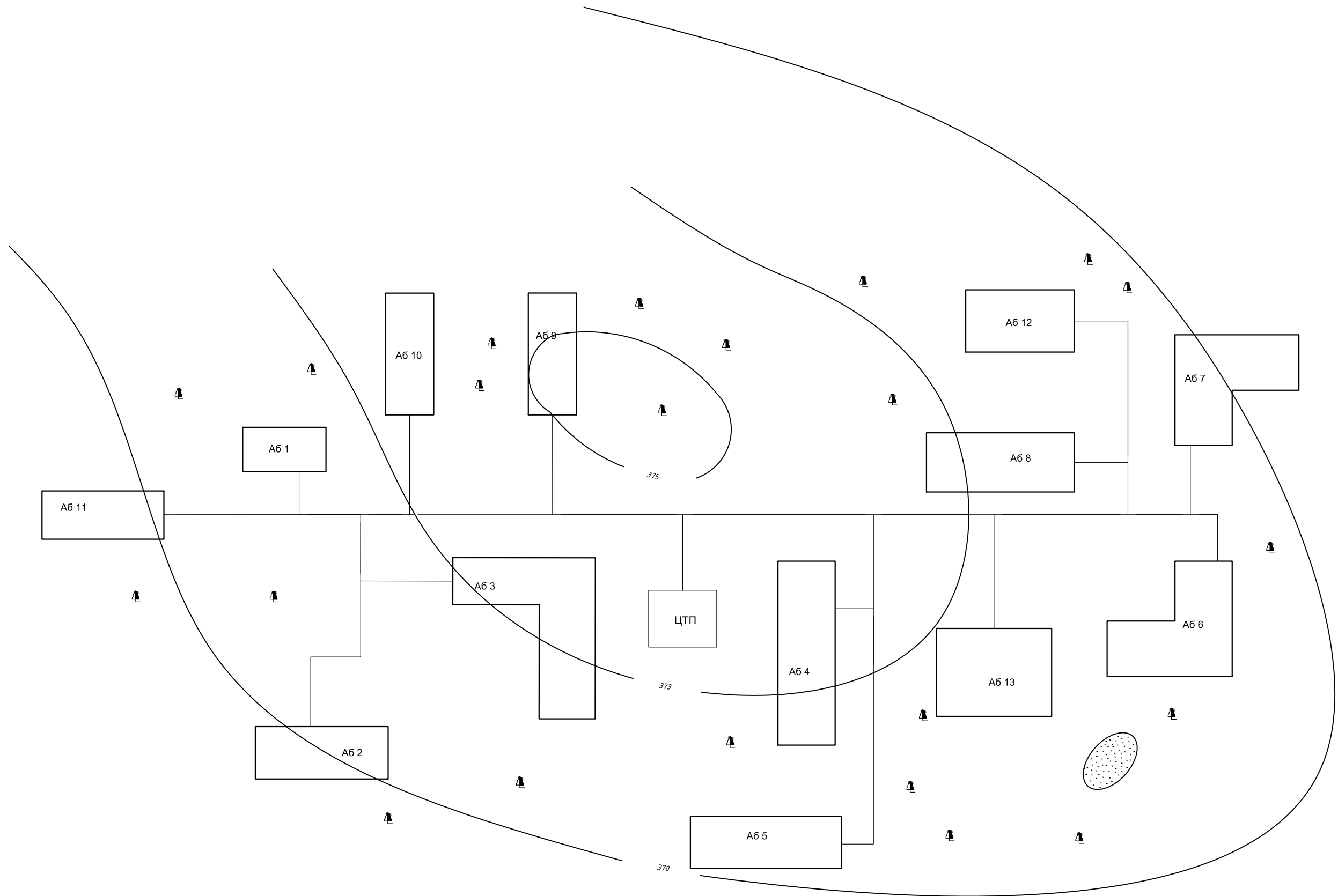
Расчетные тепловые потоки

Позиция по ген-плану	Наименование потребителя	Расчетный тепловой поток, МВт (Гкал/ч)				
		Отопление	Вентиляция	Горячее водоснабжение	Технологические нужды	Суммарный поток
1	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
2	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
3	Жилое здание	0,45 (0,39)		0,28 (0,24)		0,73 (0,63)
4	Жилое здание	0,45 (0,39)		0,28 (0,24)		0,73 (0,63)
5	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
6	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
7	Жилое здание	0,45 (0,39)		0,28 (0,24)		0,73 (0,63)
8	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
9	Жилое здание	0,45 (0,39)		0,28 (0,24)		0,73 (0,63)
10	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
11	Жилое здание	0,35 (0,30)		0,21 (0,18)		0,56 (0,48)
12	Школа	0,84 (0,72)		0,15 (0,13)		0,99 (0,85)
13	Детский сад	0,76 (0,65)		0,33 (0,28)		1,09(0,93)
	Итого	6,05 (5,20)		3,08 (2,65)		9,13(7,85)

Общие указания

В качестве источника теплоснабжения принята районная котельная. Система теплоснабжения запроектирована для г. Красноярск, с расчетной температурой наружного воздуха равной -37°С, где отопительный период равен 233 дней. Теплоноситель – вода с параметрами 130°С в подающем трубопроводе и 70°С в обратном. Данная сеть теплоснабжения имеет мощность в расчетный период 7,85 Гкал/ч, (9,13 Мвт) Горячее водоснабжение осуществляется по закрытой схеме, зависимой схеме. Система теплоснабжения – двухтрубная. Тип прокладки: подземный в непроходных каналах. Монтаж теплопроводов производить в соответствии со СНиП 3.03.03-87 “Несущие и ограждающие конструкции” и СНиП III-4-80 “Техника безопасности в строительстве” (раздельная). Компенсация температурных удлинений осуществляется за счет П-образных, Г-образных и Z-образных компенсаторов. Камеры УТ выполнены из ж/б блоков с перекрытием из бетонных плит. В тепловых камерах предусмотреть спуск воды в дренажные колодцы. В УТ на подающем и обратном трубопроводах произвести врезку гильз под термометры и штуцеров под манометры. Из дренажных колодцев вода удаляется передвижными насосами в ближайшую канализацию. В основании камер грунт уплотнить на глубину 1 м, в основании каналов на глубину 0,3 м. Теплоизоляцию трубопроводов выполнить из пенополиуретановых скорлуп с покровным слоем стеклопластика РСТ 415 Для защиты наружных поверхностей от коррозии трубопроводы и арматуру покрыть антикоррозийным покрытием из изола в 2 слоя по холодной мастике МРБ-Х-ТУЗ, S=6-8 мм. В местах примыкания каналов к теплосетям и к зданиям выполнить деформационные швы. Швы между сборными железобетонными элементами заполнить цементным раствором марки 50(100), в местах деформационных швов стыки заполнить битумом.

Ситуационный план



						БР – 08.03.01.00.05 ТС		
						ИСИ СФУ		
Изм.	Кол.уч.	Лист	И*док	Подп.	Дата	Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом	Стадия	Лист
Разраб.	Денизбеков И.Д.						БР	1
Пров.	Липовка Ю.Л.							5

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



Г. В. Сакаш

подпись

инициалы, фамилия

« 16 » 06 2017г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.00.05

«Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из
высокопрочного чугуна с шаровидным графитом»

Руководитель



подпись, дата

проф. Д. Г. Н

должность, ученая степень

Ю. Л. Липовка

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

16.06.2017

И. Д. Денизбеков

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа БР по теме «Тепловые сети жилого микрорайона с использованием труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом»

Консультанты по
разделам:

ТВИС
наименование раздела


подпись, дата 16.06.17

Ю. Л. Липовка
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата 16.06.17

Ю. Л. Липовка
инициалы, фамилия